5e Année — N° 26 — Avril 1938

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

(Météorologie, Séismologie, Magnétisme terrestre, Océanographie, Volcanologie, Hydrologie)

Paraissant tous les deux mois

SOMMAIRE

Ciels de la France d'Outre-Mer.
Les masses d'air de l'Ouest Africain.
Notes et informations.
Bibliographie.

PARIS Ve
LAROSE ÉDITEUR
11, RUE VICTOR-COUSIN

Prix du Numéro : 9 francs

ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

LAROSE, Éditeur,

11, Rue Victor-Cousin, PARIS (Ve)

-:- Téléphone : Odéon 32-70 -:-

Chèques postaux : Paris 428.81

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL

(6 numéros)

FRANCE ET COLONIES FRANÇAISES. . . 50 francs.
ETRANGER . . . . . 60 francs.

Les abonnements sont payables d'avance à la souscription.

Chaque changement d'adresse
doit être accompagné de 1 franc en timbres-poste.

Prix des collections 1934, 1935 et 1936, l'une. . . . . 60 francs.
Prix du N° isolé de ces collections. . . . . 12 francs.

Tous droits de reproduction réservés

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer sont publiées sous les auspices du *Conseil de Perfectionnement des Services de Physique du Globe des Colonies*, et sous la direction de M. Henry Hubert, Inspecteur Général du Service Météorologique Colonial.

Chaque numéro contient des mémoires originaux, une chronique des questions de Physique du Globe intéressant les Colonies françaises et une revue bibliographique.

Les Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer résument les recherches et observations faites par les météorologistes coloniaux et présentées dans les publications locales ; elles abordent en outre soit des études spéciales n'ayant pu trouver place dans ces publications, soit — et cela de préférence — des travaux d'ensemble concernant des groupes ou la totalité de nos territoires extérieurs. Elles se proposent de faire ressortir la variété et la nouveauté des recherches de Physique du Globe entreprises dans nos possessions lointaines et de réaliser une présentation synthétique des questions, considérées dans le cadre très vaste de notre domaine colonial.

Les numéros de l'année 1937 sont publiés à l'aide d'une subvention de la Fondation Loutreuil (Académie des Sciences) et de subventions officielles.

J. AURICOSTE

Horloger de la Marine de l'État :
de l'Observatoire du Bureau des Longitudes
et du Service Géographique de l'Armée

10, Rue La Boëtie, PARIS

Téléph. : Anjou 25-60

Études
Projets
et
Devis
gratuits
sur demande

Installation
de
Centres Horaires
—
Distribution
d'heure

HORLOGERIE DE HAUTE PRÉCISION
:-: PENDULES ASTRONOMIQUES :-:
:-: CHRONOMÈTRES DE MARINE :-:
CHRONOGRAPHES-COMPTEURS
:-: HORLOGERIE ÉLECTRIQUE :-:
Construction — Réparations

Les masses d'air de l'Ouest Africain

I. Considérations générales

L'objet du présent travail est la mise en place, dans le temps et dans l'espace, des grandes masses d'air troposphérique de l'Afrique tropicale de l'Ouest.

Le problème abordé a contre lui l'étendue des surfaces considérées, le petit nombre des années d'observations et l'instabilité des masses d'air.

Pour ce qui est des *surfaces considérées*, il suffira de rappeler ici qu'elles se développent en latitude sur environ 3.000 kilomètres (Tamanrasset à Pointe Noire) et en latitude sur environ 4.000 kilomètres (Dakar à Bangui). Il s'agit donc de dimensions comparables à celles qui séparent les points extrêmes de l'Europe.

En ce qui concerne les *années d'observations*, elles se réduisent, pour les sondages aérologiques, à 5 au maximum, chiffre ramené à 2, voire même à 1, pour quelques stations. Si un réseau homogène et dense fonctionne aujourd'hui, il a fallu beaucoup de temps pour l'équiper et l'on ne peut évidemment pas encore profiter des observations de toutes les stations. On s'est efforcé de remédier à l'insuffisance du nombre des années d'observations en multipliant les recoupements. Environ 20.000 fiches journalières établies par les services météorologiques de l'A. O. F., de l'A. E. F., du Togo et du Cameroun ont été ainsi utilisées pour ce travail (1).

Enfin l'*instabilité des masses d'air* rend forcément délicat le présent essai de généralisation. Bien que certains caractères (direction, température, humidité spécifique) soient relativement stables, ils comportent toutefois des variations qui justifient les hésitations. D'autre part la limite commune à deux masses contiguës se déplace parfois, en moins de 24 heures, de 2 ou 3 kilomètres en altitude et de 1.000 kilomètres le long du sol. Il n'est pas toujours commode, dans ces conditions, d'assigner, dans le temps et dans l'espace, la position qu'aurait cette limite si elle était fixe ; la « moyenne », par exemple, peut ne correspondre à rien de satisfaisant, en particulier quand on ne dispose que d'un petit nombre d'observations utilisables.

Il s'agit en effet de montrer ici quelle serait, mois par mois, la répartition en quelque sorte statique des masses d'air de l'Afrique tropicale de l'Ouest, si celles-ci n'étaient pas douées d'une incessante mobilité ; il s'agit, en même temps, d'éliminer tous les détails — et ils sont nombreux — affectant les masses d'air à étudier, de manière à bien isoler les caractères essentiels de ces dernières, et à les présenter avec quelque précision.

Les buts pratiques d'une telle étude sont évidents.

Si l'interprétation de la mécanique de l'atmosphère n'est possible qu'à la condition d'étudier les masses d'air dans leurs trois dimensions, il faut, avant toutes choses, déterminer la répartition d'ensemble la plus régulière de ces masses. Celle-ci traduit la plus grande stabilité possible, l'état le plus voisin de l'équilibre — qu'il est indispensable de connaître — et elle constitue, pour les études de météorologie dynamique, la situation de référence type permettant les comparaisons.

A ce propos, il convient de rappeler que, dans l'Afrique de l'Ouest, la protection météorologique ne se ramène pas, comme c'est souvent le cas dans les pays tempérés, à la détermination de l'évolution probable à 24 heures d'intervalle des systèmes nuageux existants. Très souvent, en effet, de tels systèmes ne se manifestent pas pendant des périodes fort longues, ou bien encore leur évolution complète se réalise en quelques heures seulement (et ils peuvent ne se former qu'assez longtemps après la prévision quotidienne), ou bien enfin ils ne sont pas liés directement aux renseignements qu'il importe de donner aux pilotes (changements de vents, altitude favorable pour le vol, brumes, vents de sable, etc.). Aussi faut-il faire alors, dans la prévision, une place prépondérante à l'étude des *masses d'air* et ne fournir que de proche en proche les renseignements les plus importants au point de vue de la sécurité de la navigation aérienne, certaines va-

(1) Les sondages ont été effectués notamment par MM. Alfonsi, Allorent, Athènes, Bonneau, Bonsom, Brouquet-Laglaire, Buroleau, Caron, Cauvet-Duhamel, Cheick Koïté, Dauby, de Mazières, Devauges, Dupont, Facy, Fall Moustapha, Finielz, Foissy, Gouault, Hilaire, Hobeniche, Kartoval, Kourou Diallo, Lallemant, Landre, le Meltier, Mertz, Michel, Moreau, Morin, Mortier, N'Guessan, Picq, Pinçon, Pruvost, Queille, Raybaud, Richard, Rogez, Séguy, Séné Ahmadou, Schatzkine, Timotei, Triboulet, Valette, Weisse, Zanké Diarra.

riations étant en quelque sorte instantanées. D'où l'obligation de laisser aux seuls services locaux le soin d'assurer la protection météorologique de l'aéronautique, toute entreprise de protection à longue distance, par la connaissance de l'ensemble de la situation météorologique générale, étant fatalement vouée à un échec.

La différenciation des masses d'air repose sur leur origine, leur direction, leur température, leur humidité spécifique. Or tous ces éléments ne sont pas également connus pour chacun des cas particuliers qui seront examinés ici. Il convient donc de fournir quelques explications à ce sujet.

L'*origine* est l'élément qui paraît devoir être le plus discuté. On tâchera de le préciser autant que possible. Il doit, en tout cas, être bien entendu que chaque terme adopté ici s'applique beaucoup plus à la matérialité d'une masse d'air qu'à son origine ; et à supposer que, par la suite, l'origine revienne de nouveau en discussion, la masse d'air elle-même n'en subsisterait pas moins.

La *direction* du vent sera de beaucoup l'élément le plus fréquemment utilisé dans cette étude. Sans doute ce n'est pas, en soi, un élément suffisant pour caractériser une masse d'air (on verra du reste que lorsqu'on l'a pu, on a eu recours à d'autres éléments) ; mais, pour la très grande majorité des cas, la preuve est faite, pour l'Afrique de l'Ouest :

1° Que, le long du sol, pour un même lieu et pour une même période, chacune des masses d'air connues (et nettement caractérisées) demeure dans un secteur de directions immuable, par exemple N.W. à N.E., ou N.E. à S.E., ou W. à S., les confusions possibles entre deux secteurs contigus étant fort rares ;

2° Qu'en altitude, les différences d'orientation entre deux masses d'air superposées sont suffisamment nettes pour lever toute hésitation.

La *température* est un élément inconstant de la différenciation des masses d'air dans l'Afrique de l'Ouest. Si j'ai eu l'occasion, à maintes reprises, d'attirer l'attention sur les sautes brutales du thermomètre quand il y a substitution rapide d'une masse d'air à l'autre (différences observées atteignant 19°), il n'en reste pas moins que les variations sont au contraire progressives lorsqu'une masse d'air disparaît par un biseau très effilé. C'est ce qui se passe par exemple à Dakar lorsque le courant équatorial, normalement superposé à l'alizé, vient se substituer à celui-ci avec une pente si faible que les deux vents peuvent subsister un certain temps au sol, chacun d'eux à l'une des extrémités de la ville. La température ne varie pas alors avec le passage du front : elle commence à s'élever plusieurs heures auparavant, dès la descente du courant équatorial. Comme des substitutions de ce genre se produisent fréquemment, l'utilisation de la température comme élément de différenciation n'est pas toujours possible.

On peut tirer un meilleur parti de l'*humidité spécifique* (1), caractère beaucoup plus stable. Malheureusement il ne peut pas encore être déterminé couramment en altitude. Cependant les quelques observations faites en avion — sauf pour le contre-alizé — ont montré une telle interdépendance entre l'humidité spécifique et la direction moyenne des masses d'air qu'on est en droit de considérer que celle-ci suffit dans la plupart des cas comme élément de différenciation.

L'importance primordiale accordée à la direction se justifie par le fait que dans l'Afrique de l'Ouest — et ceci est important à retenir — la pression varie dans des limites très faibles ; aussi le passage des dépressions — quelques millimètres le plus souvent — n'est-il pas accompagné de rotations du vent comparables à celles des pays tempérés. Par suite, la même masse d'air conserve pratiquement une même direction générale pendant une période très longue et c'est ce caractère qui a permis d'assimiler les masses d'air à des courants, expression d'ailleurs toujours correcte.

Pour déterminer les directions en altitude on a eu recours aux sondages effectués par ballons-pilotes ; cela traduit déjà une grosse documentation puisqu'on dispose maintenant des observations d'une trentaine de stations et que certaines d'entre elles effectuent 3 sondages par jour.

Cependant comme on n'opère qu'avec un seul théodolite, une certaine incertitude demeure quant aux altitudes. Tous les ballons ne montent pas à la vitesse uniforme de 200 mètres à la minute, et beaucoup de ceux qui n'éclatent pas avant d'avoir atteint 10 kilomètres doivent plafonner (2) ; c'est pourquoi le présent essai de généralisation ne tient pas compte des observations correspondant à des hauteurs supérieures à ce chiffre. Au-dessous de cette altitude les données des sondages sont plus sûres. Il est toutefois prudent de les considérer

(1) Masse de vapeur d'eau, en grammes, par kilogramme d'air.

(2) En particulier parce que les enveloppes de caoutchouc n'ont pas toujours la souplesse nécessaire pour se dilater suffisamment.

comme traduisant simplement un ordre de grandeur, avec une erreur probable de 10 à 15 %.

Sous cette réserve, les observations utilisées sont très comparables, parce que tous les sondages sont effectués suivant la même technique et avec le même matériel (enveloppes des ballons, générateurs d'hydrogène, etc.). On a donc une documentation très homogène et d'une précision satisfaisante.

***

Dans cette étude un grand nombre de détails sur les caractères locaux du vent ou sur les arrivées d'air exceptionnelles ont été volontairement écartés. Les descriptions sont basées sur le groupement des stations de manière à présenter 5 coupes Nord-Sud des masses d'air.

Les premiers graphiques figurés se rapportent à quelques sondages *vrais*, tels qu'ils figurent sur les feuilles d'observations (p. 41-43).

D'autres graphiques traduisent, pour une vingtaine de stations, l'allure générale des vents et les limites des masses d'air entre le sol et 10.000 mètres d'altitude. Il s'agit cette fois d'*interprétations*. Il n'est pas possible, en effet, de prétendre traduire la moyenne de toutes les directions observées : celles qui ont été données, forcément approximatives, paraissent cependant suffisantes pour un travail de généralisation (p. 44-47).

Sur ces graphiques on a renoncé à indiquer les vitesses, trop difficiles à résumer. A ce sujet on se bornera à rappeler les points suivants :

1° Au cours d'une même journée la vitesse du vent varie suivant un rythme régulier ;

2° Toute l'année dans les régions maritimes, et l'hiver dans les régions désertiques, le vent a souvent des vitesses élevées, de l'ordre de 5-7 m/sec. ;

3° Dans les autres régions, la vitesse au sol est d'ordinaire très faible, inférieure à 3 m/sec. ; elle croît avec l'altitude et passe parfois par un premier maximum à moins de 1.000 m. pour évoluer plus haut vers un second maximum.

D'autres graphiques encore donnent des coupes N.S. et E.W. passant par des stations de sondages (p. 47-54). Sur chaque graphique on a indiqué par une croix la position, en altitude, des limites des masses d'air représentées sur les graphiques annuels, et on a fait passer, *à l'estime*, les limites probables de ces masses d'air. La place des croix, en dehors des limites tracées, traduit volontairement l'incertitude de ces dernières. Cela veut dire qu'il ne faut voir dans ces coupes que des images, des schémas, des esquisses, commodes pour les études ultérieures, sans y rechercher une précision absolue.

Afin de présenter une combinaison de ces coupes, on a figuré approximativement, sur deux cartes, en perspective cavalière, la trace des limites des masses d'air sur des tours quadrangulaires élevées à la place de certaines stations. Là encore il ne s'agit que d'un dessin, d'une présentation plus simple que les cartes à trois dimensions dont j'ai indiqué autrefois la construction (1). Les mois choisis sont *août*, époque de la plus grande extension de la mousson vers le N. et *février*, qui marque la plus basse altitude du contre-alizé septentrional en Afrique (2) (p. 55-56).

II. La première coupe Nord-Sud

Les observations de Dakar

Les observations de Dakar ont déjà reçu la consécration d'une longue durée et c'est à leur sujet que la terminologie adoptée ici paraît devoir soulever le moins de critiques.

L'alizé septentrional maritime (Asm). — De novembre à mai inclus, le vent dominant au sol vient du Nord. Les directions les plus fréquemment observées sont N. à N.N.E., mais par un effet de brise la direction passe souvent au N.N.W. ou au N.W. dans l'après-midi. Ce vent souffle pendant des périodes très longues — une semaine et plus — sans interruption. Sa vitesse dépasse d'ordinaire 5 m/sec.

C'est un vent frais : dès qu'il cesse de souffler la température remonte souvent d'une dizaine de degrés. Il est en outre riche en vapeur d'eau (humidité spécifique de l'ordre de 6-10 gr.). Il amène presque chaque année des petites pluies d'hiver au Sénégal et en Mauritanie.

L'observation directe, faite de proche en proche, permet de démontrer que ce vent est le même que celui qui souffle en même temps aux Canaries et

(1) H. Hubert. — Sur l'emploi du stéréoscope pour l'examen de projections superposées, *C. R. Ac. Sc.* 1917, t. 165, p. 1059.

Plus récemment j'ai construit des modèles de restitution schématique dans l'espace constitués par des plans transparents superposés sur lesquels sont figurés les courants aériens (Cf. : Sur les mouvements de l'air atmosphérique au-dessus de l'Indochine, *C. R. Ac. Sc.*, 1932, t. 194, p. 1595). Un dispositif identique a été employé depuis aux Etats-Unis.

(2) D'après les observations du service Météorologique et de Physique du Globe de la Martinique, il semblerait qu'il en est de même pour les Antilles. Il serait intéressant de rechercher si le phénomène est général dans l'hémisphère Nord.

pour lequel le terme d'*alizé* est devenu classique (1).

Ainsi que je l'ai indiqué par ailleurs, il est facile de constater qu'il est sous la dépendance d'un « mécanisme de soufflerie » à partir du centre d'action des Açores. Lorsqu'il y a combinaison avec un « mécanisme d'aspiration » exercé par une zone dépressionnaire, l'influence de celle-ci est toujours secondaire. C'est par exemple à elle qu'est dû l'effet de *brise*, la déviation vers le N.N.W. qui a lieu dans l'après-midi à Dakar.

L'alizé est localisé dans les parties basses de l'atmosphère. Plus sa vitesse est grande et plus il s'étend à la fois en latitude et en altitude et plus il refoule les autres courants aériens soit latéralement, soit verticalement.

De novembre à juin, au cours des courtes périodes où l'alizé ne souffle pas, il est remplacé le long du sol par le courant équatorial, dont il sera question plus loin. Dans cette occurence seulement, on observe une brise de mer très nette, alternant avec le courant équatorial, alors que lorsque l'alizé souffle, cette brise ne se traduit que par la déviation passagère dont il a été question plus haut.

Des observations directes, faites en avion (2), ont montré que ce courant conservait en altitude sa direction et ses caractères physiques (3).

La mousson (**M**). — De juin à octobre inclus, le vent dominant à Dakar au sol est la mousson. Sa direction la plus fréquente est W.S.W., accessoirement elle est W.N.W., W. et S.W. A peine sensible au début de juin, la mousson alterne ensuite avec l'alizé, puis se substitue à celui-ci. Elle souffle d'une façon exclusive à partir de juillet, sauf pendant les grains orageux, où elle est remplacée, pendant un petit nombre d'heures, par un vent d'Est.

La mousson est tiède, très riche en vapeur d'eau (humidité spécifique de l'ordre de 15 à 18 grammes) et de faible vitesse (souvent inférieure à 3 m/sec). Elle ne commence à souffler sur la côte que lorsqu'un régime dépressionnaire quasi-permanent s'est établi dans l'intérieur du continent, en rapport d'ailleurs avec le réchauffement périodique de celui-ci. C'est ce « mécanisme d'aspiration » comme cause déterminante qui, à mon avis, caractérise la mousson et la distingue de l'alizé.

C'est pourquoi je dois me séparer des auteurs qui ne voient dans la mousson qu'une simple déviation de l'alizé méridional.

Si l'influence du centre anticyclonique de l'Atlantique Sud est susceptible, en tant qu'« action de soufflerie », de se manifester parfois jusque sur les côtes du golfe de Guinée, cette action y est déjà très limitée. Mais plus au Nord, et *a fortiori* à la latitude de Dakar, il apparaît bien qu'elle soit nulle.

Sans doute on peut affirmer que les filets d'air de la mousson sont empruntés à l'alizé méridional, mais il n'est pas un seul courant aérien qui n'emprunte ses filets d'air à un autre. Quant à ne voir dans la mousson qu'une déviation de l'alizé c'est une autre affaire, car cette mousson, comme on sait, traverse toute l'Afrique, d'Ouest en Est, c'est-à-dire parcourt un trajet plus long que ne le fait l'alizé lui-même sur l'Océan. De plus ni la progression vers le Nord ni l'extension en altitude de la mousson ne sont fonction des variations d'augmentation de la pression dans l'anticyclone atlantique méridional, mais bien de la diminution progressive de la pression sur le continent africain. Du point de vue mécanisme, le terme d'alizé dévié est donc à rejeter ici ; il l'est également du fait de l'humidité spécifique.

Comme la vitesse de la mousson est toujours faible, sa direction s'altère facilement en altitude au voisinage des vents supérieurs ; elle vire alors soit au Sud, soit, temporairement, au Sud-Est. On peut observer ainsi des passages progressifs au courant équatorial. Cependant de tels passages ne sont pas la règle, les deux masses d'air étant normalement séparées par une zone de vent nul.

Le courant équatorial (**Ce**). — J'ai décrit largement, à plusieurs reprises, sous le nom d'harmattan — puis sous le nom de courant équatorial — le vent qui surmonte d'ordinaire à Dakar l'alizé septentrional, en saison sèche, et la mousson, en hivernage.

Son caractère primordial est sa direction : c'est un vent d'Est. Bien entendu, pas plus pour ce vent que pour les autres, la direction n'est immuable ni dans le temps, ni en altitude. Celle qui est plus fréquemment observée à Dakar est peut-être l'Est-Nord-Est. Dans un même sondage on note presque toujours des passages brutaux ou progressifs de l'Est à l'Est-Nord-Est et à l'Est-Sud-Est, quelquefois aussi au Nord-Est et au Sud-Est (voir fig. p. 41).

Il souffle en altitude toute l'année, mais ses caractères physiques, qui varient assez lentement, ne sont pas les mêmes dans toutes les saisons. De novembre

(1) On a souvent coutume de considérer l'alizé comme un vent d'Est ; or ceci n'est généralement pas le cas en Afrique.

(2) H. HUBERT. — Sur l'emploi des avions en A. O. pour les recherches d'ordre scientifique. *Bull. Comité Et. hist. et Sc. de l'A. O. F.* 1918, p. 98-112.

(3) Les variations mensuelles des limites des masses d'air ne seront pas indiquées dans le texte, les graphiques paraissant fournir des renseignements suffisants à ce sujet.

à avril-mai, il est chaud et sec quand il souffle au sol ; dans la région maritime de Dakar, son humidité spécifique est de l'ordre de 5-6 grammes. (elle est notablement plus faible et d'une valeur très constante dans l'intérieur du continent : 2-4 gr.).

Les observations faites autrefois en avion (1) ont montré qu'à 300 mètres d'altitude, le courant équatorial pouvait avoir une température de 26° et une humidité spécifique de 4 gr. 5, alors que l'alizé au sol avait, au même moment, une température de 23° et une humidité spécifique de 11 gr. 3.

De mai à octobre, il peut pénétrer dans le courant équatorial des quantités considérables de vapeur d'eau, provenant de la mousson, et celles-ci modifient constamment son humidité spécifique, et d'une façon indirecte, sa température (2). Aussi la caractéristique de cette masse d'air en hivernage est-elle de présenter alors des contrastes incessants, avec cette particularité que la stabilité — correspondant au retour à une humidité spécifique très faible — n'est guère réalisée qu'après les grains orageux.

La vitesse du courant équatorial à Dakar au sol est généralement faible (inférieure à 3 m/sec. en hiver) si bien qu'il est aisément refoulé en altitude par les autres masses d'air. En hivernage cette vitesse peut passer *momentanément* à 20 m/sec. et plus, à l'occasion des grains orageux, qui coïncident avec une brusque descente au sol.

Lorsqu'une telle descente se produit, elle est souvent précédée d'une faible diminution de pression, la veille. Il ne s'ensuit pas cependant que la pression intervienne directement dans le mécanisme général de production du courant équatorial. Il se manifeste en effet toute l'année sans interruption au-dessus d'étendues considérables, supérieures à celles des régions étudiées ici. Or si la pression intervenait directement sur sa formation, il faudrait qu'elle fût constamment plus faible dans l'Ouest que dans l'Est, ce que l'observation directe ne confirme pas. En réalité, son mouvement paraît être surtout dû à l'inertie, comme il a été dit d'autre part (3).

Par ailleurs cette masse d'air est extrêmement plastique : elle n'occupe que l'espace qui lui est laissé par les autres. Elle n'a une action propre, indépendante, que dans le cas de formation de grains, mais ceux-ci traduisent beaucoup plus une surpression locale sur une coupe verticale que des variations de grande envergure dans le sens du déplacement du courant.

Le contre-alizé septentrional (Cas). — Après avoir douté de l'existence de ce courant, j'ai pu faire quelques observations à son sujet en 1922 (1), puis montrer peu après sa permanence en hiver.

L'absence d'observations directes ne permet pas de préciser les caractères physiques de cette masse d'air. Elle est toutefois très différente du courant équatorial sous-jacent aussi bien du fait de sa direction (S.S.W. à N.N.W.) que de son humidité spécifique, toujours relativement élevée (les condensations y sont en effet plus faciles que dans ce courant).

La vitesse y est normalement inférieure à 10 m/sec, ce qui est peu étant donnée son altitude.

Si le terme de contre-alizé a été conservé ici, c'est parce qu'il apparaît bien qu'il s'agit d'un courant supérieur de retour évacuant vers la zone des hautes pressions du 30e parallèle l'excès d'air qui s'accumule en altitude entre les tropiques, cet air lui étant fourni directement *par le courant équatorial et non par l'alizé*. En l'état actuel de nos connaissances cette interprétation paraît plus satisfaisante que celle qui consiste à faire du contre-alizé le prolongement, en altitude, des masses d'air tropical soufflant dans les régions tempérées. Elle fait état des courants ascendants, toujours très nets, qui s'observent en permanence dans la zone torride, en particulier dans le courant équatorial.

La base du contre-alizé à Dakar est la limite supérieure du courant équatorial. Cependant à certains jours (février-mars) celui-ci est étranglé entre l'alizé et le contre-alizé, ces deux courants devenant jointifs. De juin à septembre les éléments manquent pour déterminer la place du contre-alizé. S'il subsiste, il est en tout cas à plus de 10 kilomètres.

Les zones de passage. — Les passages latéraux, d'un courant à l'autre, le long du sol, s'effectuent dans des conditions très différentes suivant les cas. On observe une étroite zone de vent nul entre l'alizé qui cesse et le courant équatorial qui s'établit ; entre le courant équatorial qui cesse et soit la brise de mer, soit la mousson.

Par contre, l'alizé qui reprend pénètre brutalement soit dans le courant équatorial, soit dans la mousson, et c'est encore ce qui se produit lorsque le courant équatorial refoule la mousson, à la faveur

(1) *Loc. cit.*

(2) H. HUBERT. — Sur les grains orageux de l'Afrique de l'Ouest, *C. R. Ac. Sc.*, 1937, t. 205, p. 454.

(3) H. HUBERT. — Les mouvements généraux de l'atmosphère au-dessus des colonies françaises, *Ann. Phys. Gl. France d'Outre-Mer*, 1935, N° 7, p. 1.

(1) H. HUBERT. — Notes de Géophysique sur Dakar, *Bull. Comité Et. hist. et Sc. de l'A. O. F.* 1922, p. 8.

d'un grain. En altitude le passage de l'alizé ou de la mousson au courant équatorial s'effectue souvent presque sans transition, mais avec un petit matelas (10 à 20 mètres) de vent nul. On observe cependant des passages progressifs. Ils se produisent d'ordinaire sur quelques centaines de mètres, la rotation se faisant plus souvent par l'Est que par l'Ouest.

Entre le courant équatorial et le contre-alizé, en altitude, les passages s'effectuent soit brusquement soit progressivement. Dans ce dernier cas la rotation de l'Est à l'Ouest se produit le plus souvent par le Sud et non par le Nord.

La mousson qui s'établit ou qui disparaît peut être séparée de l'alizé par une zone de vent nul ; il arrive aussi qu'elle se superpose à l'alizé ou soit recouverte par lui. Ce dernier cas paraît plus général.

Il ne peut être question ici d'aborder dans le détail ces passages de vent, aussi bien pour Dakar que pour les autres localités. C'est un sujet qui devra être repris par la suite. Il est d'ailleurs parfois compliqué par l'existence, au milieu d'un courant déterminé, de paquets d'air vieilli, provenant d'un autre courant. On devra se garder de confondre ceux-ci avec de simples zones de passage.

Les observations de Saint-Louis

Les analogies avec Dakar sont nombreuses. A noter surtout que l'*alizé*, à certaines périodes, alterne presque chaque jour avec le courant équatorial, renforcé par la *brise* de terre, et avec la brise de mer, d'où une répartition fort compliquée (1).

La limite inférieure du *contre-alizé* semble plus basse qu'à Dakar. Le *courant équatorial*, plus étendu dans les premiers mois de l'année, puisqu'il atteint souvent le sol, serait ensuite plus réduit (2).

Les observations de Port-Etienne

L'*alizé* souffle au sol d'une façon exclusive pendant la plus grande partie de l'année. Lorsque la mousson s'établit pour une période un peu longue, il se superpose à elle.

Celle-ci ne parvient à Port-Etienne que pendant une période très brève, parfois un petit nombre de jours par an seulement, et au maximum pendant une partie des mois d'août et de septembre. Sauf exception, son plus grand développement en altitude est inférieur à 500 mètres.

Le *contre-alizé* s'observe pendant dix mois : septembre à juin. Sa base est toujours à une altitude relativement faible.

L'extension du *courant équatorial* n'est vraiment notable qu'en juillet, août et septembre. Pour les autres mois elle est fort réduite, parfois même nulle, l'alizé et le contre-alizé devenant parfois jointifs pour des périodes allant de plusieurs jours consécutifs à deux au trois semaines.

Les observations de Ziguinchor

Les vents sont les mêmes qu'à Dakar, avec, en plus, la brise de mer et la brise de terre.

L'*alizé*, en tant que vent permanent d'hiver, cesse de souffler sur la zone littorale entre Rufisque et Thiès (1), mais il se fait sentir, en tant que vent vieilli, et plus ou moins modifié, jusqu'à Ziguinchor, du moins de décembre à février. Il alterne alors soit avec la *brise* de mer, qu'il surmonte d'ordinaire, soit avec le vent d'Est (courant équatorial), qu'il remplace temporairement au sol, avant que la mousson ne s'établisse.

C'est en mai que commence à souffler cette dernière. Elle surmonte les brises et vient s'ajouter, pratiquement, à la brise de mer.

Les observations de Conakry

Il n'y a plus d'*alizé septentrional* à Conakry : il peut tout au plus subsister de temps en temps sous forme de lambeaux empaquetés dans le courant équatorial.

La *mousson* paraît avoir deux périodes d'extension verticale : l'une en août, l'autre en avril.

L'interprétation de ce qui se passe de novembre à février est délicate en ce qui concerne les vents de S. W. Il y a en effet à Conakry, comme en presque tous les points du littoral de l'Ouest africain, une *brise* de mer venant se confondre avec la mousson quand celle-ci existe.

Or la brise de mer a au moins 200 mètres de hauteur et cela permet d'assurer que pour les mois de décembre et janvier au moins la mousson ne souffle pas, puisque cette altitude est rarement dépassée par le vent d'ouest ou S.W. Reste la question des mois de février et de novembre où les altitudes atteintes sont inférieures à 500 mètres et supérieu-

(1) Non indiquée sur les graphiques mensuels, bien entendu.

(2) Sur plusieurs graphiques on a porté, à côté des renseignements correspondant à certains mois, une répartition différente : celle-ci traduit les principales variantes observées. Ces variantes ont été indiquées également sur les coupes.

(1) En fait cette limite se déplace en longitude, depuis les environs de Diourbel jusqu'à une centaine de kilomètres à l'ouest de Dakar. Le point précis où elle passe le plus souvent est Sebikotane.

res à 200. Tout ce qu'on peut dire pour le moment c'est que si la *mousson* souffle au cours de ces mois, ce n'est que d'une façon intermittente et elle n'occupe en tout cas qu'une faible tranche verticale d'atmosphère. La brise de mer est d'ailleurs susceptible de se propager assez loin dans l'intérieur du continent, du moins de temps en temps. Les études faites à ce sujet par M. Foissy à Kouroussa sont très suggestives. L'examen des feuilles d'observations des stations météorologiques montre qu'une semblable propagation lointaine de la brise de mer est assez fréquente dans l'Afrique de l'Ouest.

A ce propos, on notera que la brise de mer, surmontée ou non par la mousson, a, toute l'année, sur le littoral de l'Afrique de l'Ouest (en dehors des zone et des périodes où souffle l'alizé maritime, soit septentrional, soit méridional), une humidité spécifique (16-18 gr.) identique à celle de la mousson (16 gr. le plus souvent), là où celle-ci est normalement établie (jusqu'au 20e parallèle en août).

D'octobre à avril, le *contre-alizé* souffle en permanence. Son existence a été matériellement mise en évidence par les sondages effectués par M. l'Ingénieur-Météorologiste des Colonies Hobeniche (1). L'altitude de la base de ce vent est très supérieure à ce qu'elle est à Dakar. Les directions varient de S.W. à W.S.W. dans les parties les plus basses et passent au-dessus à S.S.W. et S. Il est prématuré toutefois de vouloir trop généraliser.

Le *courant équatorial* a un développement vertical considérable à Conakry.

L'ensemble des sondages de Port-Etienne à Conakry donne une première série de coupes mensuelles. Elles montrent : *a*) dans l'espace :

1° La décroissance du Nord au Sud de la tranche d'atmosphère occupée par l'alizé et le contre-alizé, et l'accroissement de la tranche d'atmosphère occupée par la mousson et le courant équatorial ;

2° La terminaison en biseau vers le Nord de ce dernier courant ;

3° L'affaiblissement, vers leur limite, de l'alizé et de la mousson, qui parviennent à une zone de pression relativement faible très largement ouverte, alors que les vitesses augmenteraient si les vents convergeaient vers des dépressions circulaires.

b) Dans le temps : le déplacement, du S. vers le N., puis du N. vers le S., des caractères généraux de la coupe de janvier.

(1) Note présentée au Congrès de la Recherche Scientifique des territoires d'Outre-Mer (Paris, 1937).

III. La deuxième coupe Nord-Sud

Cette coupe, orientée en réalité N.N.W.-S.S.E., s'étend d'Abidjan (1) à Kayes. Elle fournit une première base de renseignements pour les pays situés entre le golfe de Guinée et le Soudan.

Les observations d'Abidjan

Ici encore il y a une *brise* de terre et une brise de mer. Elles alternent régulièrement chaque jour et s'étendent sur une hauteur au moins de l'ordre de 500 mètres.

Au-dessus d'elles souffle la *mousson*. Elle se manifeste nettement de février à novembre et peut, soit être absente en décembre et janvier, soit aussi exister à cette époque, l'intérieur du continent, un peu au nord de la zone littorale, étant alors souvent plus chaud que la mer elle-même.

On peut reprendre, au sujet de cette mousson, la querelle de l'alizé méridional dévié. Il n'est pas douteux qu'à Abidjan ce dernier terme ne s'applique pas — ou seulement d'une façon exceptionnelle — parce que le mécanisme d'aspiration est normalement prédominant. Le mode de propagation dans l'intérieur du continent — très progressif dans le temps — en est la preuve : il serait beaucoup plus brutal s'il s'agissait d'un alizé dévié. En outre, et ceci paraît important, en août, époque de l'année où l'alizé méridional risquerait de se manifester le plus nettement, la valeur de l'humidité spécifique (16 gr.) du courant observé est bien celle de la mousson, et non celle de l'alizé méridional (12-13 gr.).

A Abidjan, la base du *contre-alizé* est beaucoup plus élevée qu'à Conakry. Elle cesse d'être atteinte par les sondages d'avril à octobre.

Quelques jours par an, en janvier surtout, la *brise* de terre acquiert parfois une vitesse de 4-6 m/sec. ; aussi certains observateurs ont-ils pensé qu'il s'agissait alors de l'arrivée de l'alizé septentrional — voire de l'air polaire — pénétrant jusqu'au golfe de Guinée. Si cela est théoriquement possible, on peut être assuré que ce n'est normalement pas le cas et que les observations en cause se rapportent à une simple déviation — du fait du mécanisme de brise — de filets méridionaux du courant équatorial. Cela ressort à l'évidence du fait que les stations intermédiaires, entre la zone génératrice de l'alizé

(1) On subtituera ici aux observations de Tabou, faites depuis un temps très court, celles d'Abidjan, qui présentent, en gros, des caractères très comparables.

septentrional et Abidjan, n'ont pas enregistré alors ce dernier vent, mais bien le courant équatorial.

Les observations de Kouroussa

Sauf les anomalies signalées par M. Foissy (lesquelles seront publiées incessamment dans ces *Annales*), les *brises* marines ne se manifestent pas à Kouroussa. On n'y observe pas davantage l'*alizé*, sauf peut-être quelques paquets de vent vieillis emballés dans le courant équatorial, et difficiles à discerner avec les moyens actuels. Il ne reste donc à Kouroussa que trois masses d'air : le *courant équatorial*, toute l'année ; le *contre-alizé* et la *mousson*, observés seulement pendant certaines périodes.

Cette dernière masse d'air subit un abaissement anormal du plafond en juin. Ceci se remarque également dans un grand nombre d'autres stations, et paraît coïncider avec une faible diminution de la pluviosité.

Comme cela a déjà été dit à propos d'Abidjan, la lenteur avec laquelle la mousson pénètre dans l'intérieur du continent et avec laquelle elle se retire montre bien qu'il ne s'agit pas d'un alizé dévié.

D'autre part, les variations de pression de l'anticyclone sud-atlantique de l'été à l'hiver ne sont pas suffisantes pour produire à elles seules une invasion lointaine dans l'intérieur de l'Afrique, alors qu'au contraire l'abaissement constaté de la pression vers le Nord rend possible cette invasion. C'est donc bien d'une mousson qu'il s'agit.

Le courant équatorial, qui surmonte la mousson pendant les périodes où celle-ci se manifeste, s'étend jusqu'au sol pour les autres mois de l'année. Il présente alors ses éléments caractéristiques, en particulier sa température relativement élevée et sa très faible humidité spécifique (de l'ordre de 3 gr.).

Bien entendu, à Kouroussa, comme dans toutes les localités signalées au cours de ce travail, le courant équatorial descend temporairement en hivernage jusqu'au sol, au moment des grains orageux. Il est superflu d'insister ici sur ce fait, qui ne paraît plus donner matière à discussion.

Les observations de Bamako et de Kayes

A des détails près, que font ressortir les graphiques, les observations de Bamako et de Kayes correspondent à celles de Kouroussa.

Il faut signaler toutefois que pendant quelques jours par an, on peut ressentir dans ces localités l'*alizé septentrional continental* (Asc), dont il sera question à propos de la 3e coupe Nord-Sud.

En février-mars, à Kayes, on observe parfois au sol un vent d'Ouest qui paraît être le contre-alizé descendu jusqu'au sol. On sait qu'il se passe quelque chose d'analogue dans les régions sahariennes.

Cette deuxième coupe confirme, dans l'ensemble, les résultats fournis par la première, sauf en ce qui concerne l'alizé continental, qui ne s'observe toutefois que d'une façon trop fugace pour qu'on puisse en faire état dans une description générale.

IV. La troisième coupe Nord-Sud

Il s'agit cette fois des observations faites entre le Golfe de Guinée (stations de Cotonou et de Lomé) et Tamanrasset (Sud-Algérien).

Les observations de Cotonou et de Lomé

Les analogies des graphiques d'Abidjan, de Cotonou et de Lomé dispensent de tout commentaire. A signaler seulement qu'au-dessus de cette dernière localité la base du contre-alizé, encore très élevée, est un peu plus fréquemment atteinte qu'à Cotonou par les sondages en novembre-décembre.

Les observations de Niamey (1)

L'altitude que les sondages ont obligé à attribuer à la *mousson* paraît un peu élevée pour la latitude considérée. Les chiffres donnés sont sans doute sujets à révision. Par contre le dessin de la base du *contre-alizé* a été déterminé avec assez de précision pour qu'on puisse le tenir comme se rapprochant assez bien d'un schéma définitif.

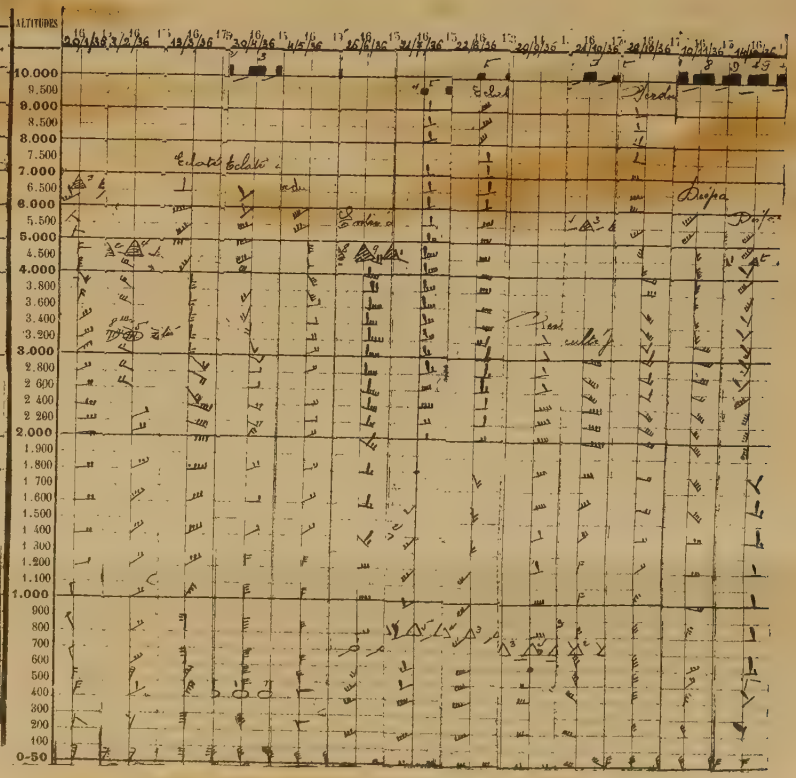
L'*alizé septentrional continental*, dont il a été question à propos de Bamako, s'observe le long du sol pendant des périodes plus longues que dans cette dernière localité, mais il n'est jamais dominant pendant un mois. C'est un vent humide et frais, orienté franchement N. (N.N.W. à N.N.E.). Des détails à son sujet seront donnés ci-dessous.

Les observations de Gao

On notera seulement ici les particularités qui ne ressortent pas de l'examen des graphiques.

Le *courant équatorial* occupe une tranche d'atmosphère plus réduite en saison sèche. Sa direc-

(1) Un peu en dehors de la coupe Cotonou-Tamanrasset se trouve Ouagadougou dont on présente ici le graphique des masses d'air. Il a paru toutefois inutile de commenter celui-ci, très comparable à celui de Bamako.



Les sondages présentés ici n'offrent ni les caractères exceptionnels, ni les caractères moyens des mois.
Ils ont été choisis parmi ceux qui permettent le mieux de montrer les différents types de courants aériens.
Ce résultat n'a parfois pu être obtenu qu'en choisissant des sondages un peu particuliers.
On se rappellera que les altitudes des limites sont celles de jours quelconques; elles ne correspondent souvent pas à la plus grande fréquance.
Les dates sont portées en haut des colonnes, au-dessus des heures.

SONDAGES DE PORT-ETIENNE

Observateurs : MM. F. A. MUSTAPHA, LENEVEU.

Les coupes choisies mettent bien en évidence les quatre masses d'air : alizé, contre-alizé, courant équatorial, mousson.

A noter le sondage du I2 / I / 36 , avec le passage, au sol, de l'alizé au courant équatorial, celui-ci occupant alors - comme le I7 / II / 36 - toute la tranche d'atmosphère au-dessous du contre-alizé. Une très petite épaisseur est occupée, le I / 2 / 36 par l'alizé, et, le I7 / 2 / 36, par le courant équatorial. Celui-ci disparaît à son tour, le même jour, 3 heures plus tard.

La mousson du 8 / 9 / 36 est tout-à-fait exceptionnelle.

SONDAGES DE DAKAR

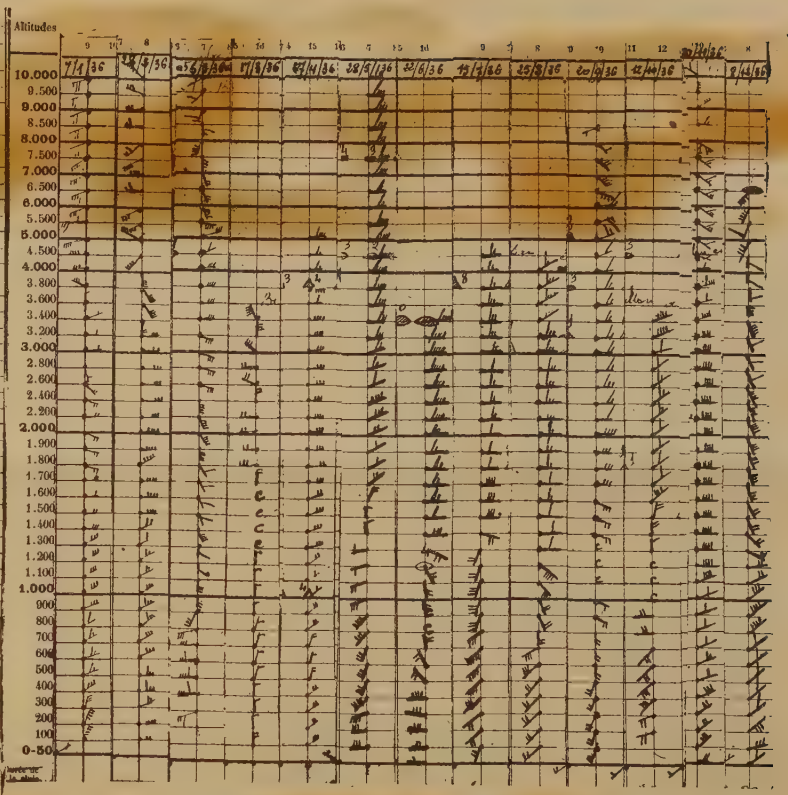
Observateur : M. VALETTE.

Les passages d'une masse d'air à l'autre se font parfois par l'intermédiaire d'une zone de vent nul (exemples: 2I / 7 / 36 et 29 / 9 / 36) ; parfois d'une façon progressive (exemple: alizé - courant équatorial le 28 / I0 / 36) ; parfois d'une façon brutale (I4 / 2 / 36); parfois encore par l'intermédiaire de zones de turbulence (courant équatorial - contre-alizé, 20 / I / 36). Les deux sondages d'Octobre montrent : l'un, le régime d'hivernage, l'autre, le régime d'hiver.

SONDAGES DE GAO

Observateurs: MM. BONSOM, QUEILLE, SCHATZKINE.

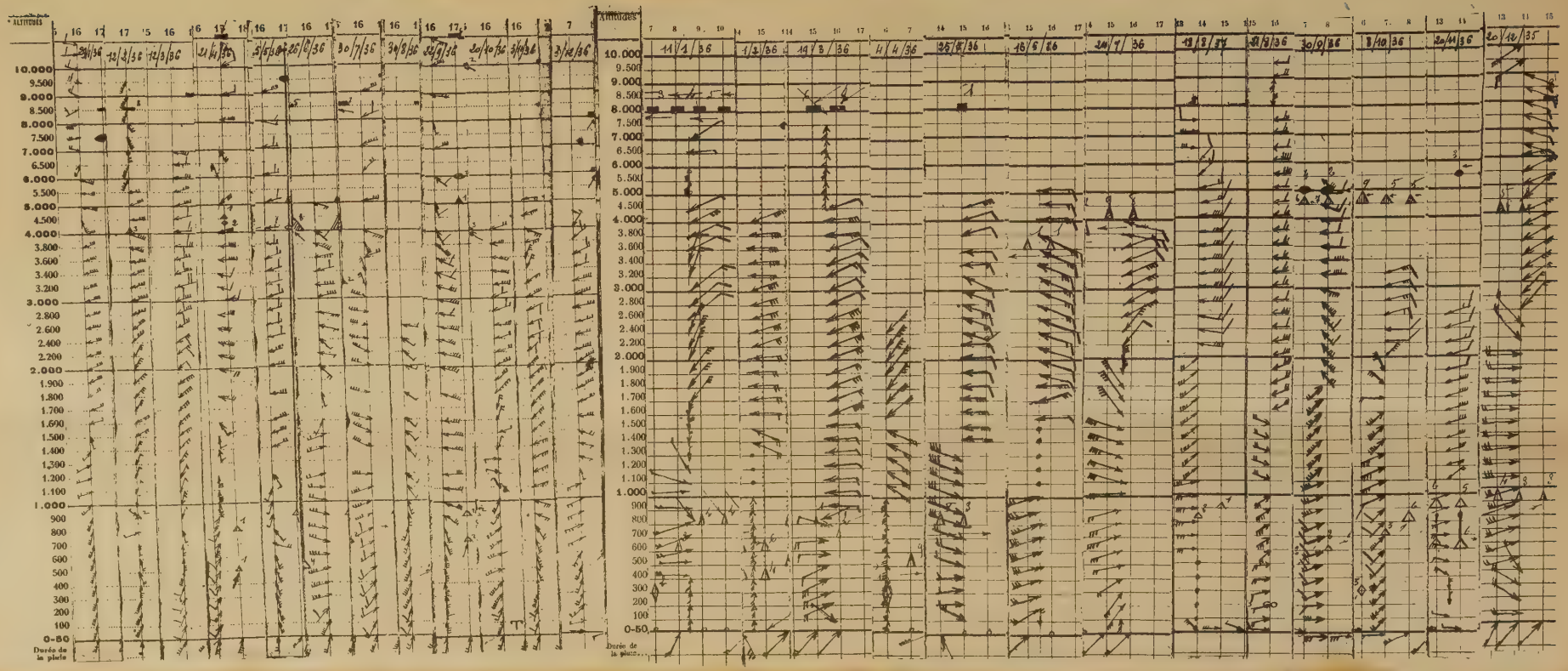
30 / I / 37 , journée sans alizé; 6 / II / 37 , alizé peu développé; 6 / 2 / 37, alizé plus développé; I2 / 3 / 37 , alizé exclusif au- dessous du contre-alizé. Le sondage de Juin montre le contre-alizé à altitude relativement basse, ce qui est exceptionnel. Noter la brusquerie avec laquelle on passe parfois d'une masse d'air à l'autre (20 / I / 37, II / I2 / 37).



SONDAGES DE FORT-LAMY

Observateur : M. GOUAULT.

6 / 3 / 36 , brise de lac ou de fleuve, exceptionnellement développée; I7 / 3 / 36, alizé très développé, avec vaste zone de vent nul le séparant du contre-alizé.Zones de vent nul également les 22 / 6 / 36, 30 / 9 / 36 et I2 / I0 / 36. Noter l'extension sur 9 kilomètres de hauteur du courant équatorial le 20 / II / 36 et les passages, tantôt brusques, tantôt insensibles de cette masse d'air au contre-alizé.



SONDAGES DE LOMÉ.

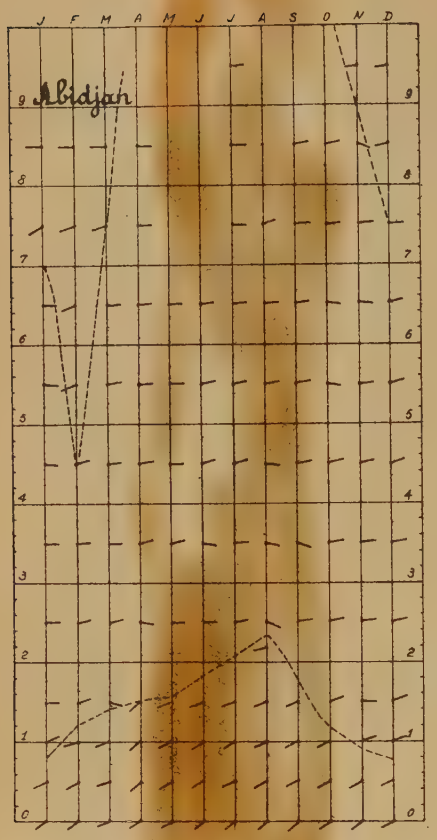
Observateur : M. CARON .

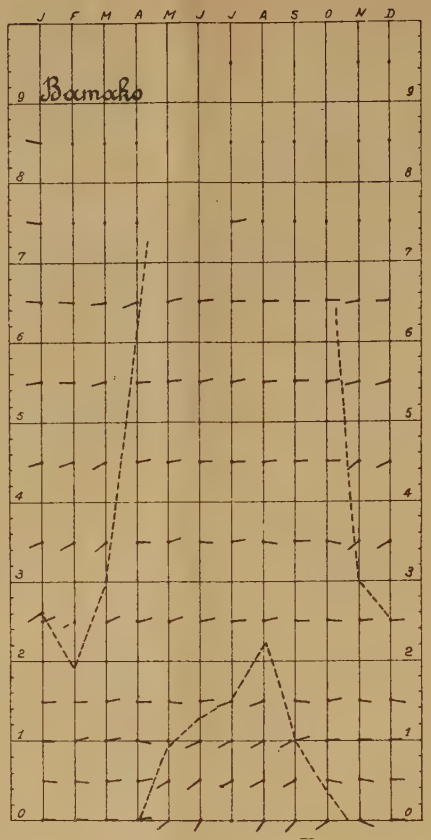
Noter la brusquerie de certains passages d'une masse d'air à l'autre. L'altitude atteinte par la mousson le 30 / 7 / 36 est exceptionnellement élevée, celle atteinte le 30 / 8 / 36 est, au contraire, exceptionnellement faible.

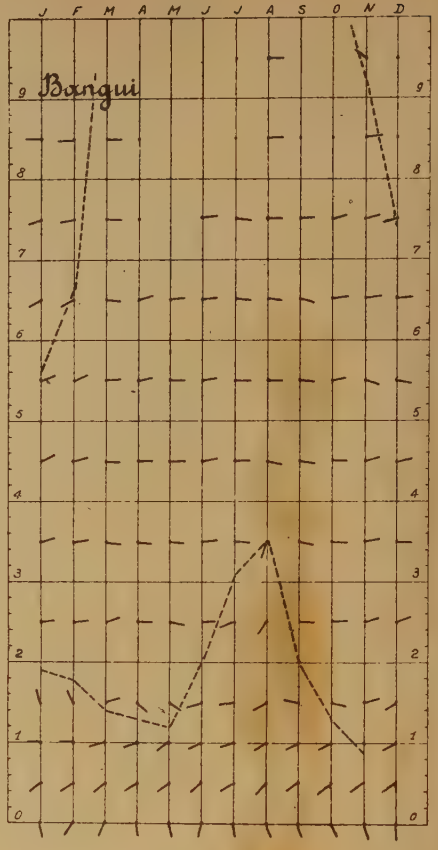
SONDAGES DE BRAZZAVILLE.

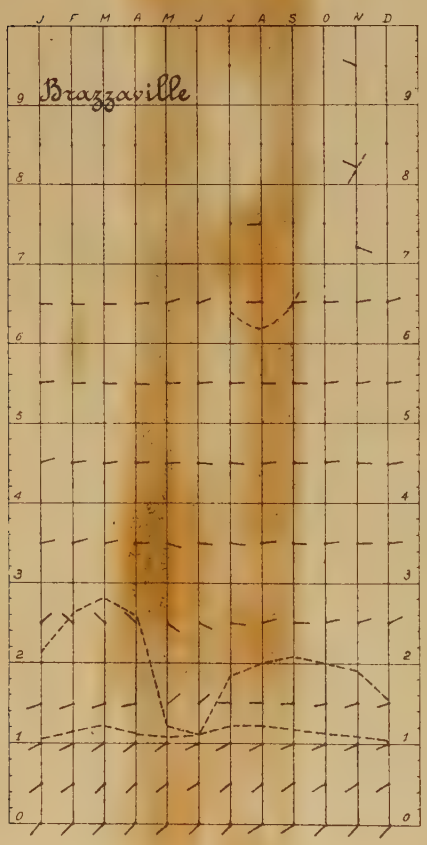
Observateurs : MM. DEVAUGES et RICHARD.

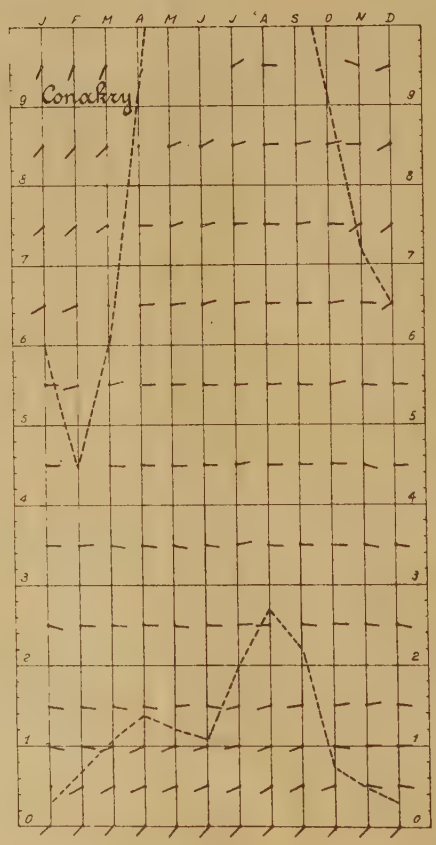
Dans la partie inférieure des sondages, on peut rapporter à l'alizé méridional les vents du sud (II / I / 36, I / 2 / 36 , 4 / 4 / 36, 24 / 7 / 36) et du sud-ouest (I9 / 3 / 36, I6 / 6 / 36, 20 / I2 / 35) au sol. Dans les sondages choisis, cette masse d'air est en général mal représentée.Les vents d'ouest-sud-ouest sont attribués à la mousson. A noter les passages d'une masse d'air à l'autre, souvent brusques, ou marqués par une zone de vent nul. Le vent supérieur du sud- ouest,le 20 / I2 / 35 , est peut-être le contre-alizé.

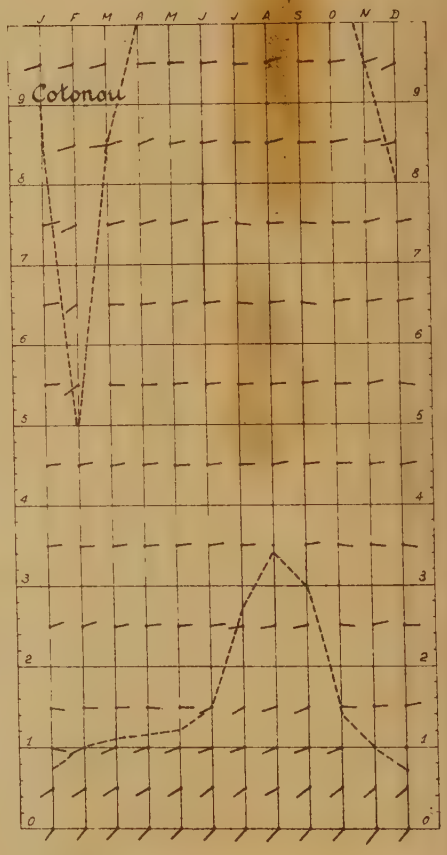

J F M A M J J A S O N D
Abidjan
9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

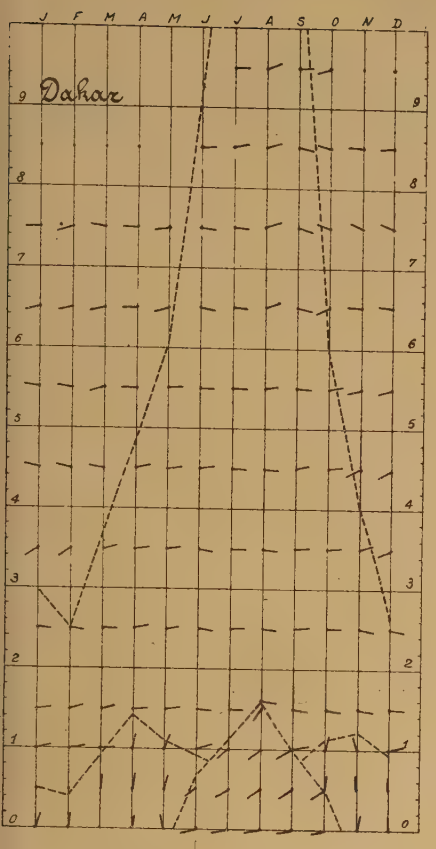

J F M A M J J A S O N D
Bamako
9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

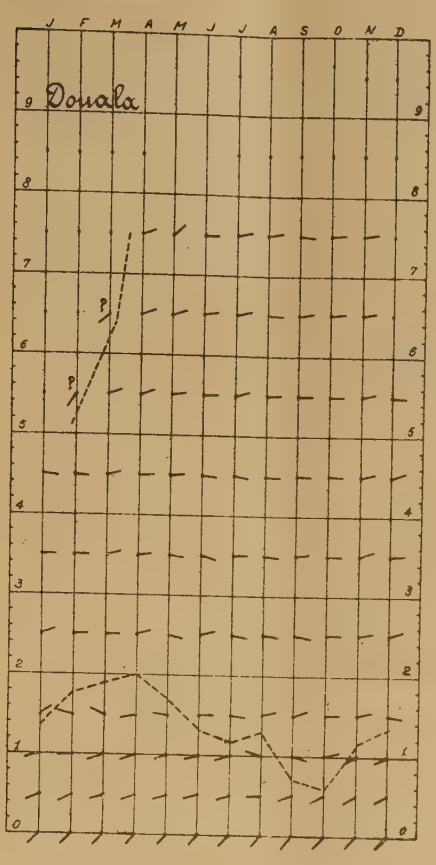

J F M A M J J A S O N D
Bangui
9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

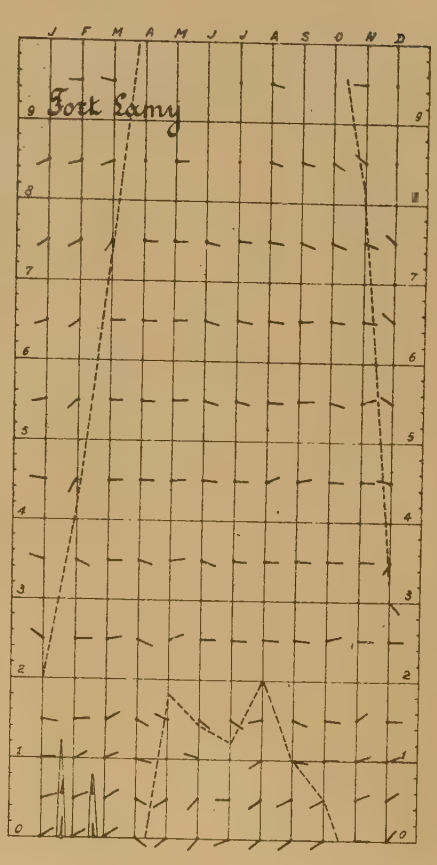

J F M A M J J A S O N D
Brazzaville
9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

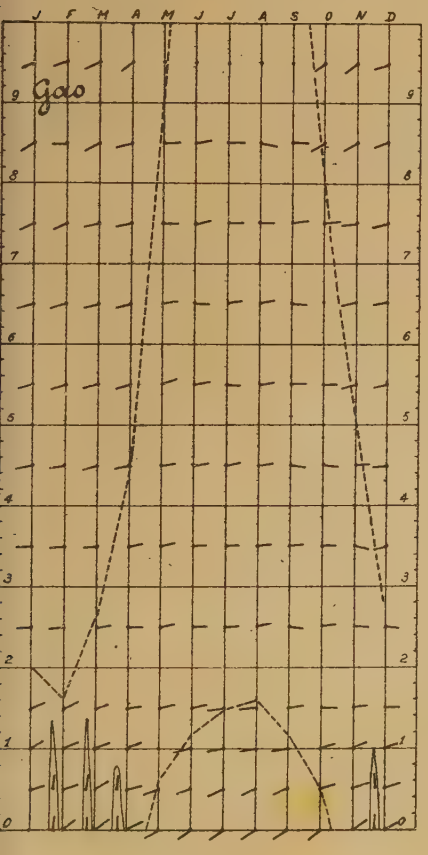

J F M A M J J A S O N D
Conakry
9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

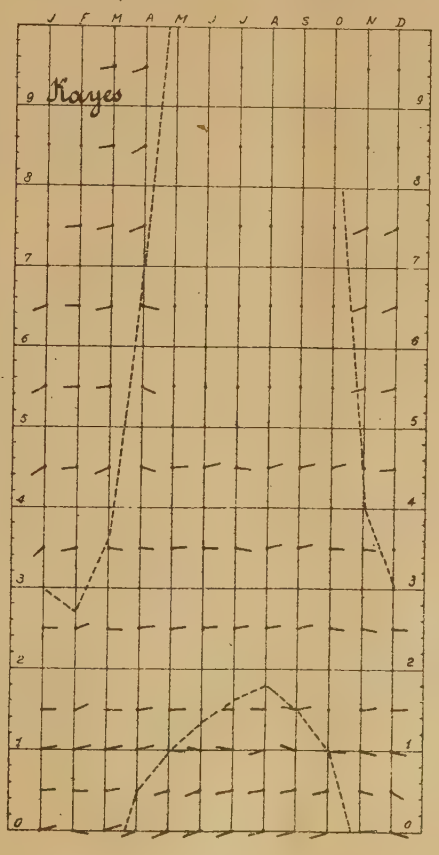

J F M A M J J A S O N D
Cotonou
9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

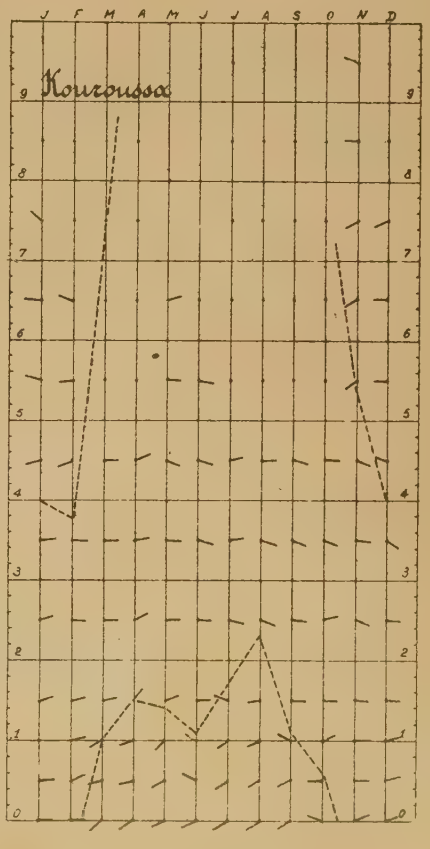

J F M A M J J A S O N D
Dakar
9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

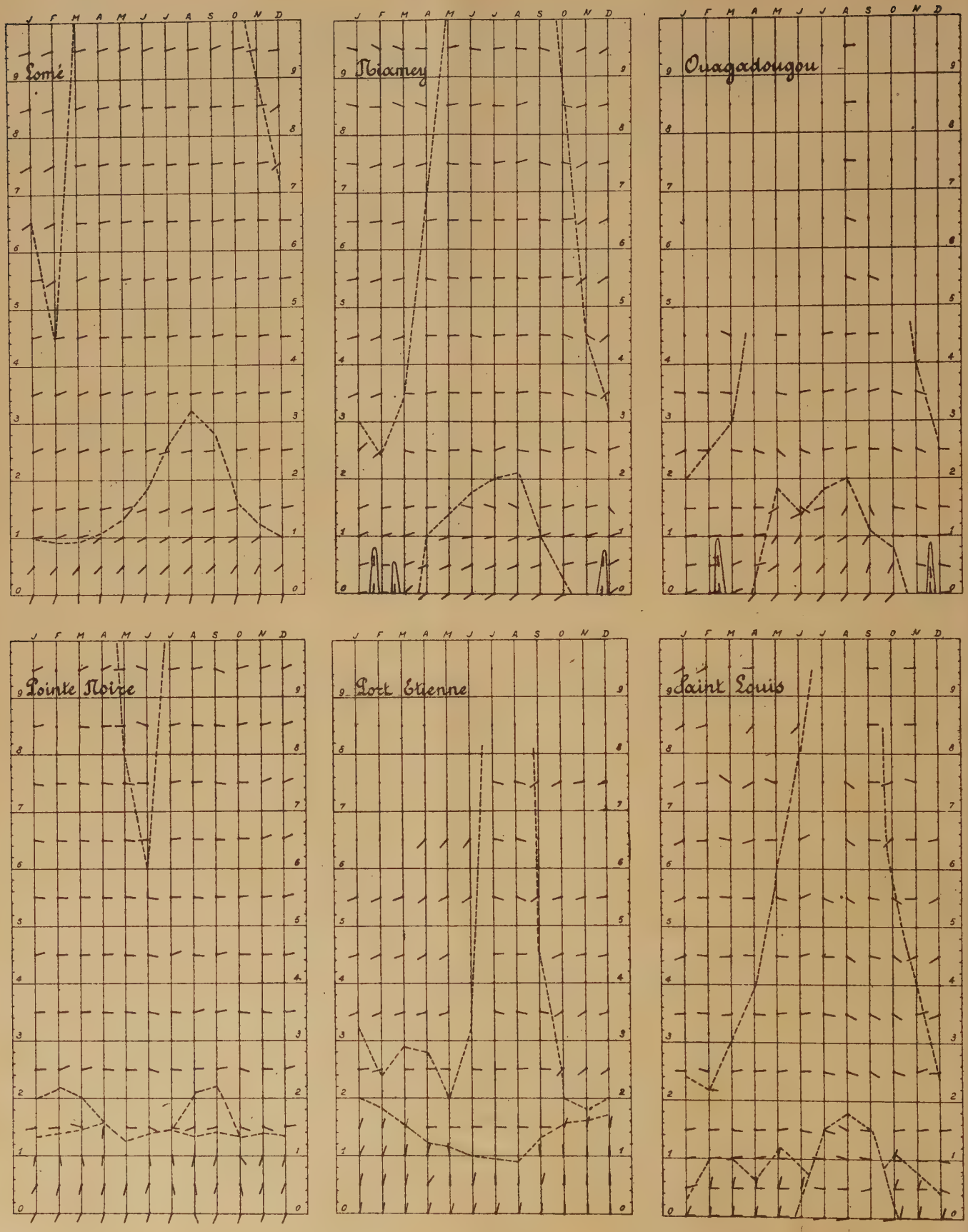

J F M A M J J A S O N D
Douala
P
P
9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

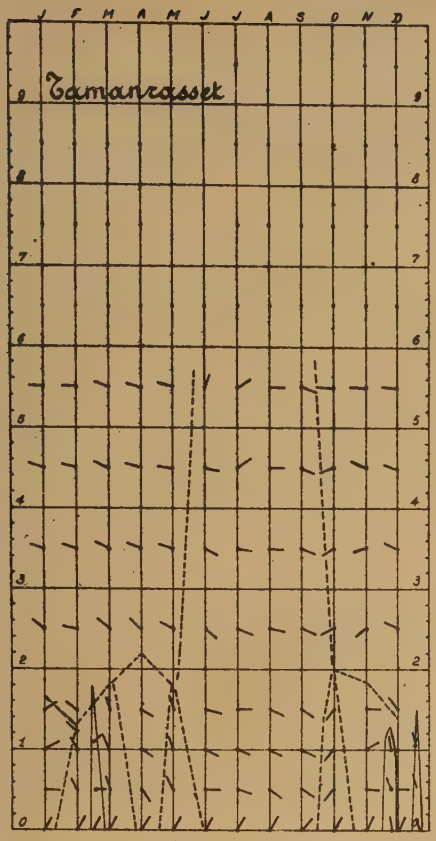

J F M A M J J A S O N D
Fort Lamy
9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

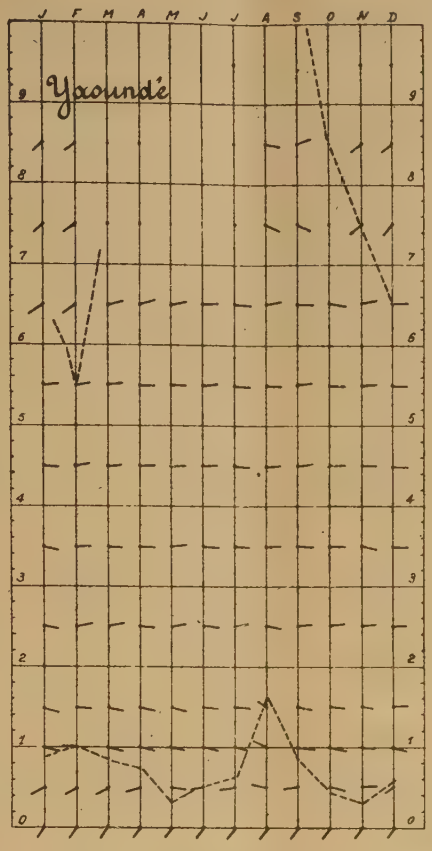

J F M A M J J A S O N D
Gao
9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

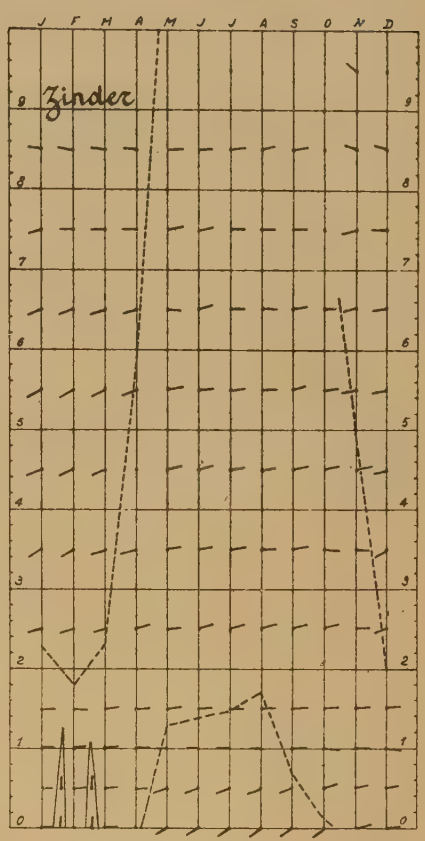

J F M A M J J A S O N D
Kayes
9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

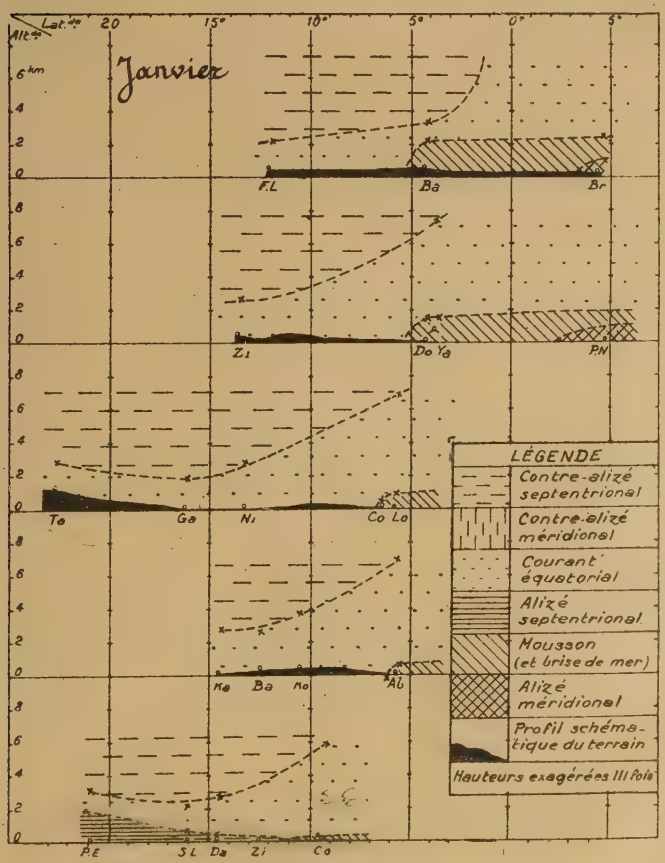

J F M A M J J A S O N D
Kouroussa
9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

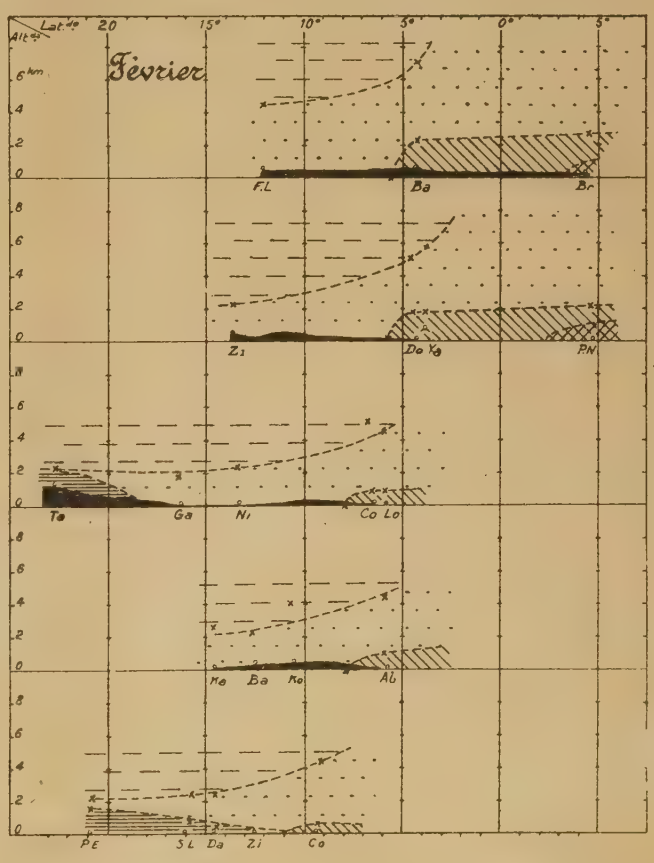

J F M A M J J A S O N D
Lomé
Niamey
Ouagadougou
Pointe Noire
Port Etienne
Saint Louis

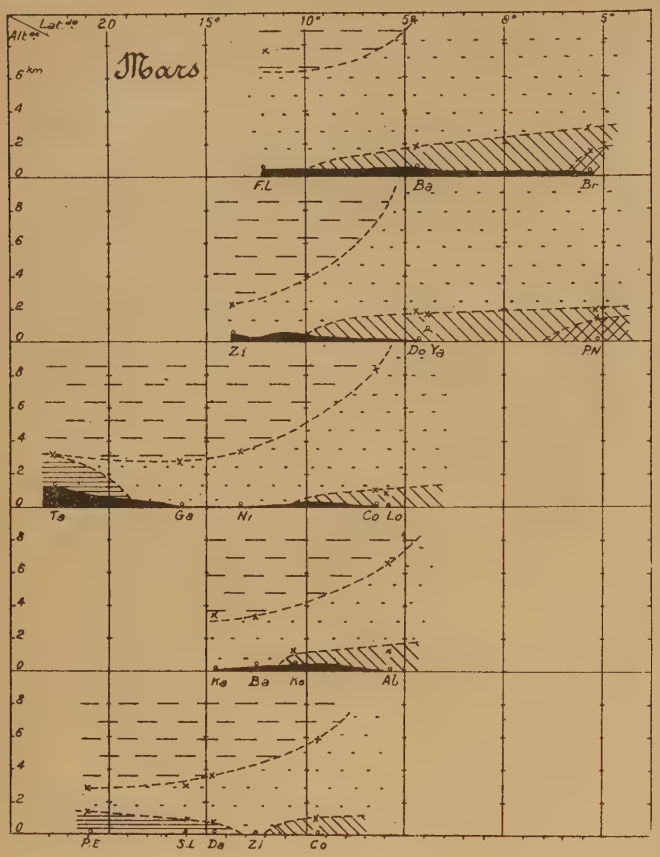

J F M A M J J A S O N D
Tamanrasset
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

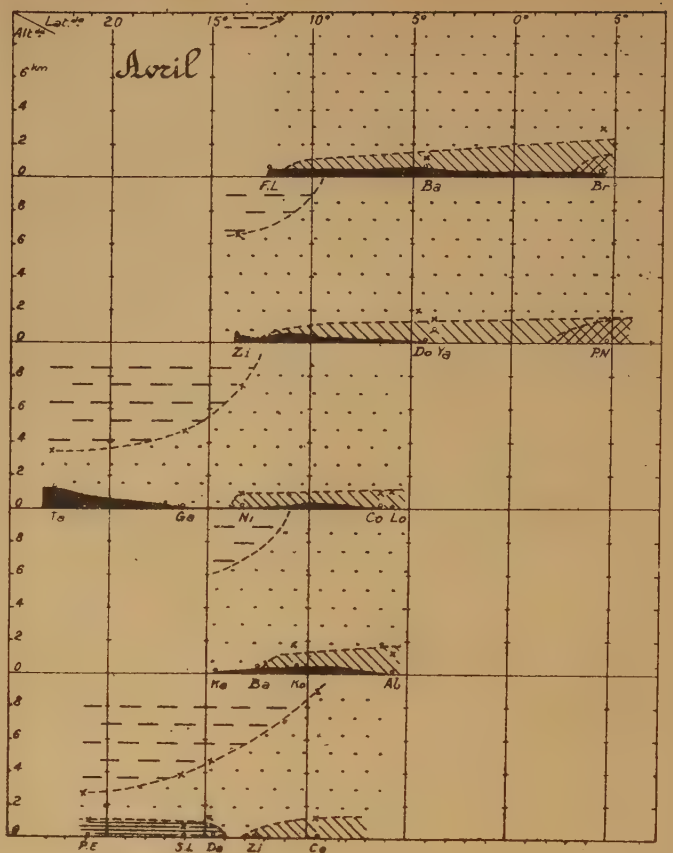

J F M A M J J A S O N D
Yaoundé
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

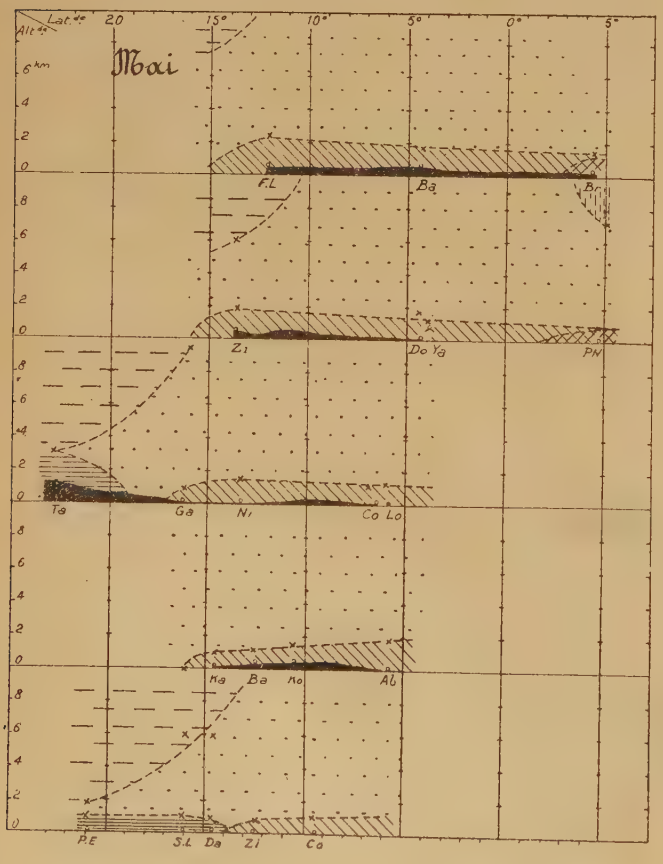

J F M A M J J A S O N D
Zinder
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

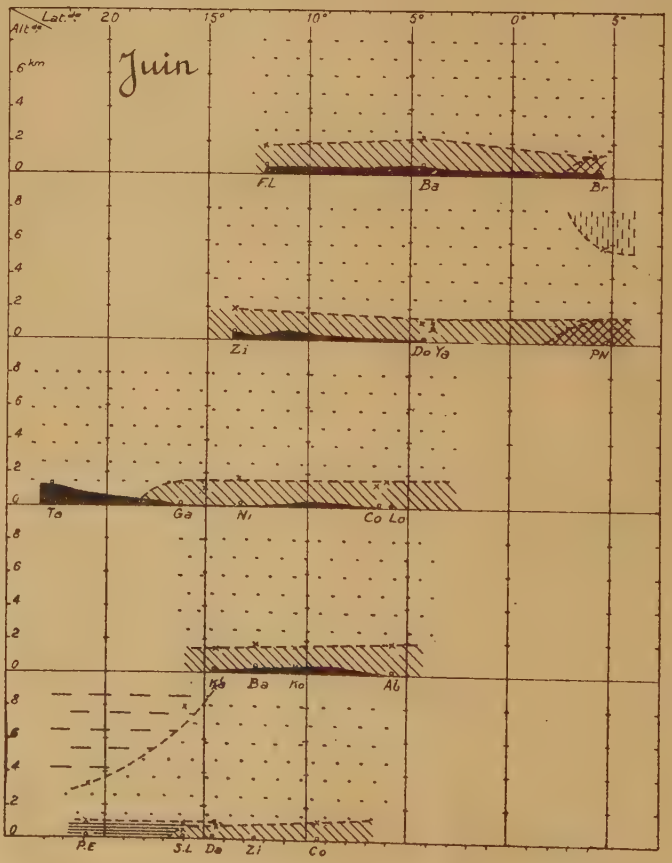

Janvier
Lat.
Alt.
20 15° 10° 5° 0° 5
6 km
4
2
0
F.L
Ba
Br
Z1
Do Ya
P.N
To
Ga
Ni
Co Lo
Ke
Ba
Ko
Ab
P.E
S.L
Da
Zi
Co
LÉGENDE
Contre-alizé septentrional
Contre-alizé méridional
Courant équatorial
Alizé septentrional
Mousson (et brise de mer)
Alizé méridional
Profil schématique du terrain
Hauteurs exagérées III fois

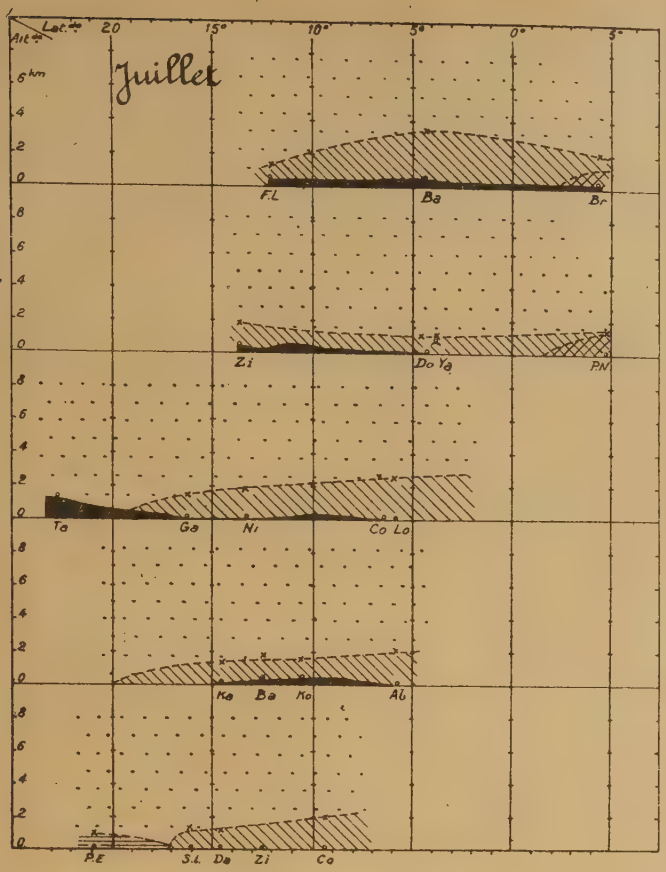

Février
Lat.
Alt.
20 15° 10° 5° 0° 5
6 km
4
2
0
F.L
Ba
Br
Z1
Do Ya
P.N
To
Ga
Ni
Co Lo
Ke
Ba
Ko
Ab
P.E
S.L
Da
Zi
Co

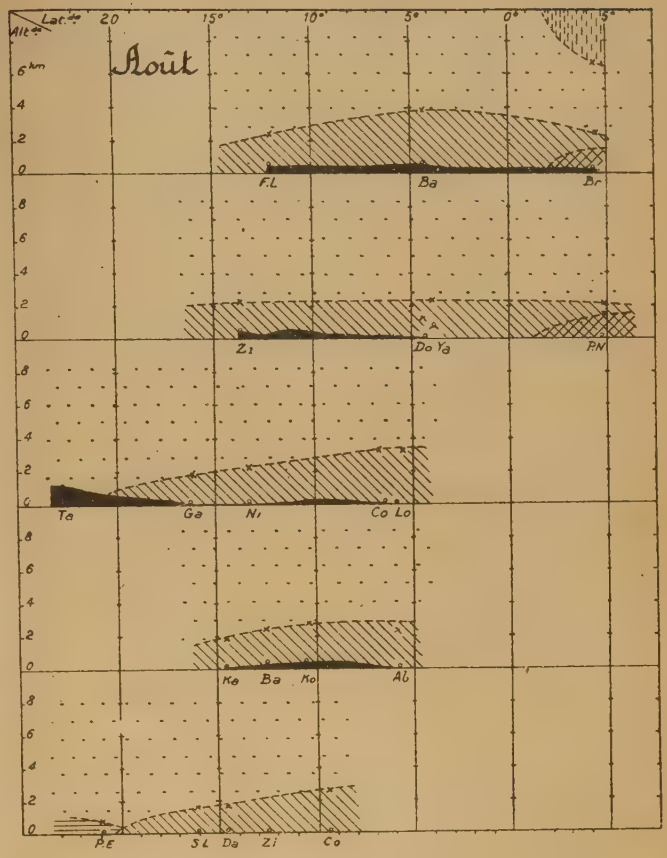

Mars
Lat.
Alt.
20
15°
10°
5°
6°
5
6 km
4
2
0
8
6
4
2
0
F.L
Ba
Br
Zi
Do Ya
PN
Ta
Ga
Ni
Co Lo
Ke
Ba
No
Ab
P.E
S.L
Da
Zi
Co

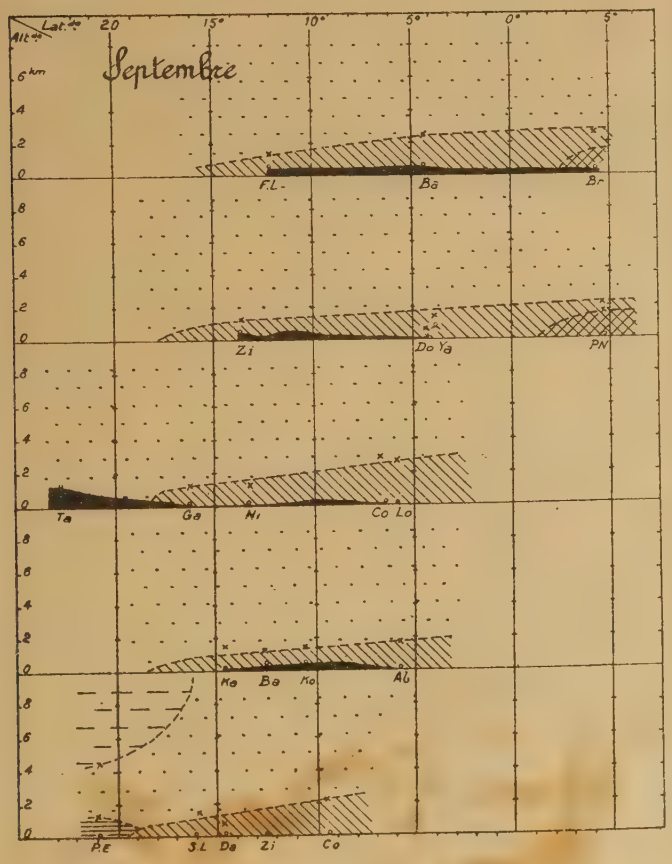

Avril
Lat.
Alt.
20
15°
10°
5°
0°
5
6 km
4
2
0
8
6
4
2
0
F.L
Ba
Br
Zi
Do Ya
PN
Ta
Ga
Ni
Co Lo
Ke
Ba
No
Ab
P.E
S.L
De
Zi
Co

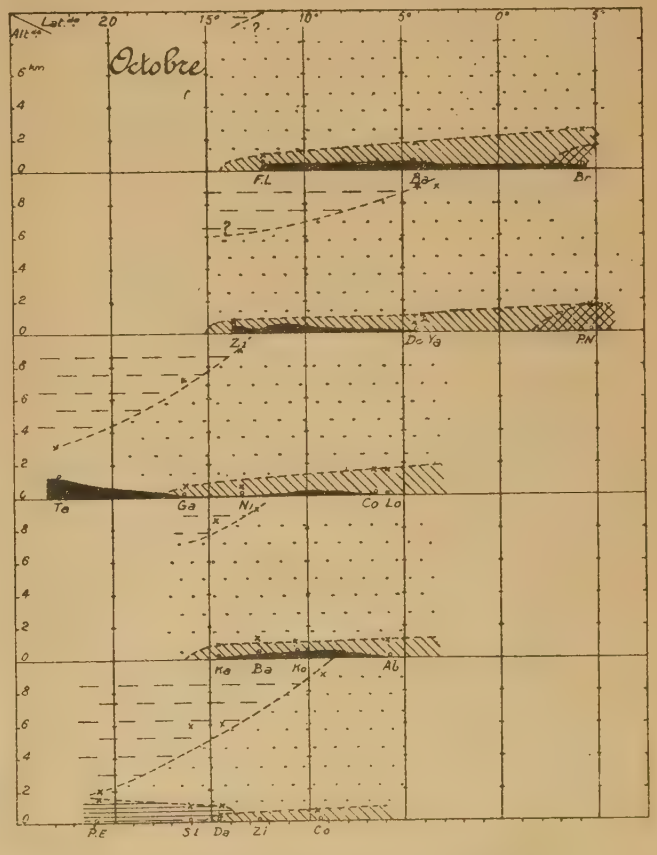

Mai
Lat.
Alt.
20
15°
10°
5°
0°
5
6 km
4
2
0
8
6
4
2
0
F.L
Ba
Br
Zi
Do Ya
PN
Ta
Ga
Ni
Co Lo
Ke
Ba
No
Ab
P.E
S.L
Da
Zi
Co

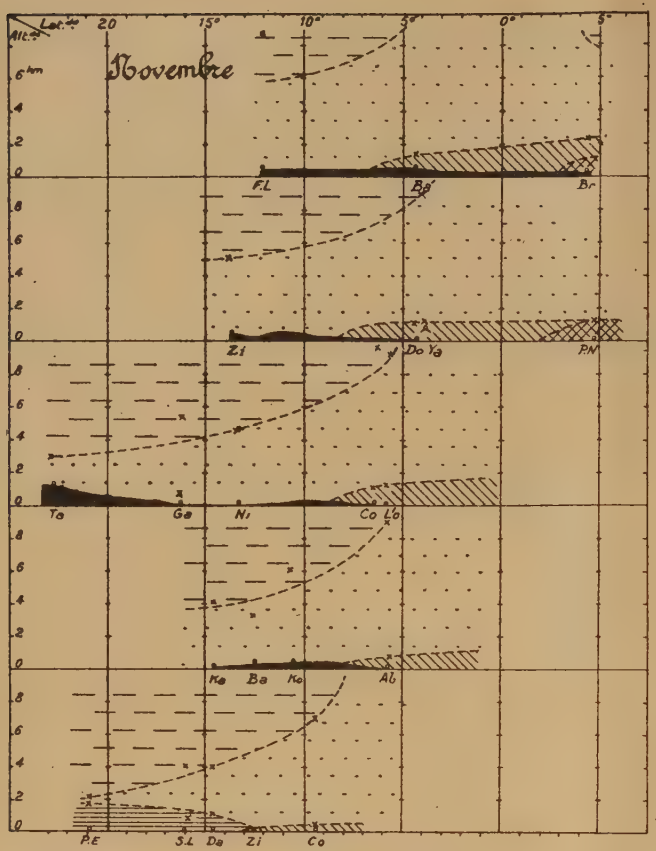

Juin
Lat.
Alt.
20
15°
10°
5°
0°
5
6 km
4
2
0
8
6
4
2
0
F.L
Ba
Br
Zi
Do Ya
PN
Ta
Ga
Ni
Co Lo
Ke
Ba
No
Ab
P.E
S.L
De
Zi
Co

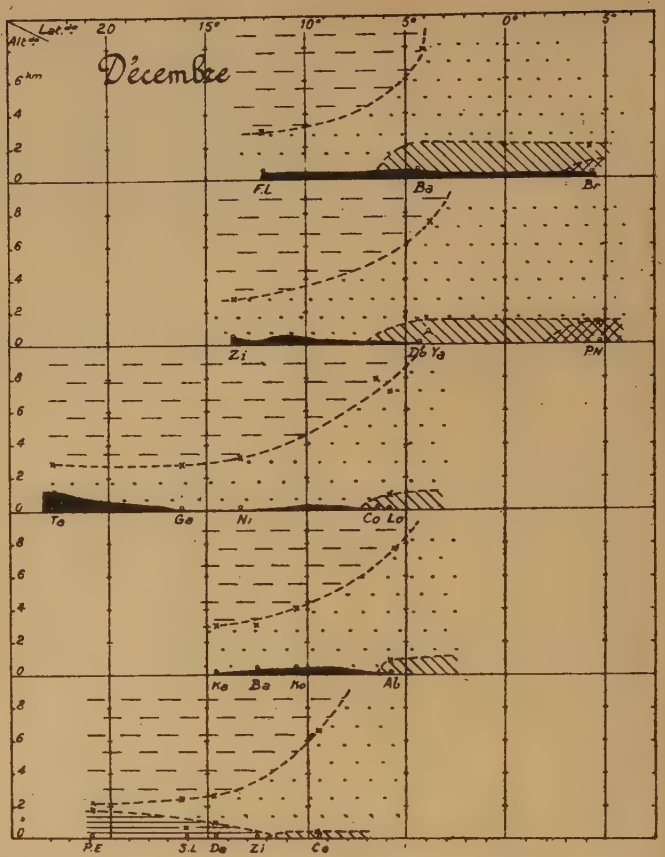

Juillet
Lat.
Alt.
20
15°
10°
5°
0°
5°
6 km
4
2
0
F.L
Ba
Br
8
6
4
2
0
Zi
Do Ya
PN
8
6
4
2
0
Ta
Ga
Ni
Co Lo
8
6
4
2
0
Ke
Ba
Ko
Ab
8
6
4
2
0
P.E
S.L
Da
Zi
Co

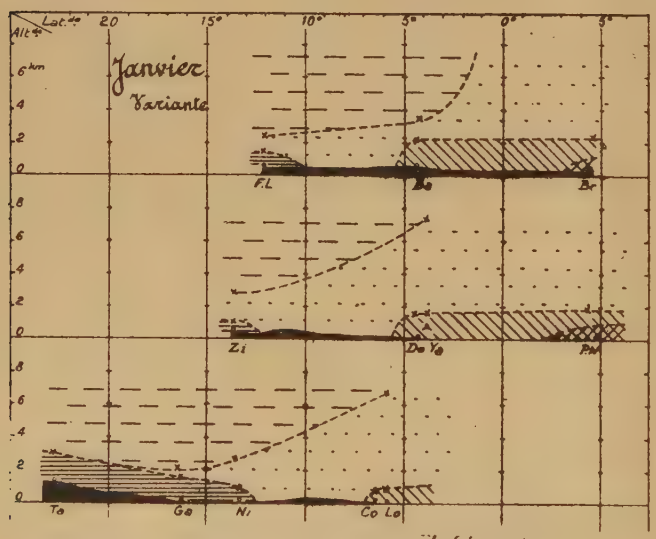

Août
Lat.
Alt.
20
15°
10°
5°
0°
5°
6 km
4
2
0
F.L
Ba
Br
8
6
4
2
0
Zi
Do Ya
PN
8
6
4
2
0
Ta
Ga
Ni
Co Lo
8
6
4
2
0
Ke
Ba
Ko
Ab
8
6
4
2
0
P.E
S.L
Da
Zi
Co

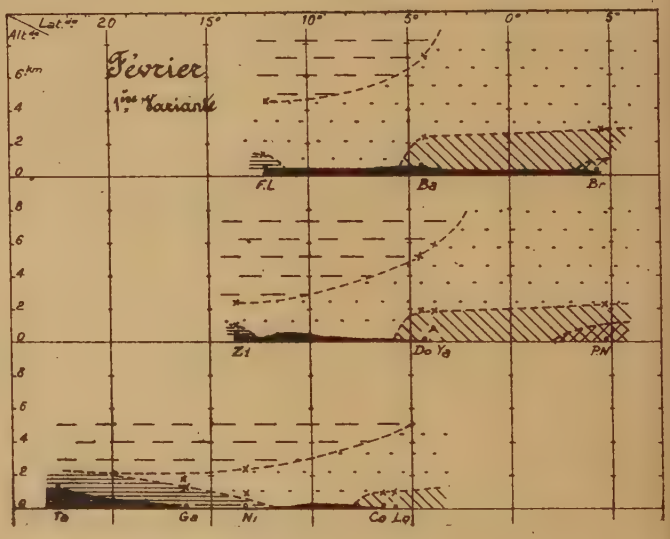

Septembre
Lat.
Alt.
20
15°
10°
5°
0°
5°
6 km
4
2
0
F.L
Ba
Br
8
6
4
2
0
Zi
Do Ya
PN
8
6
4
2
0
Ta
Ga
Ni
Co Lo
8
6
4
2
0
Ke
Ba
Ko
Ab
8
6
4
2
0
P.E
S.L
Da
Zi
Co

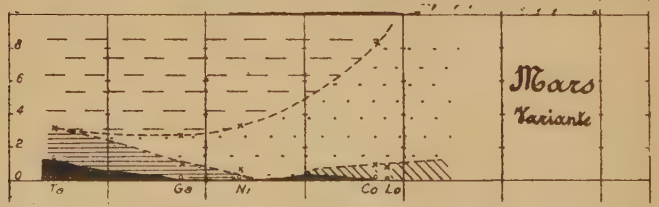

Octobre
Lat.
Alt.
20
15°
10°
5°
0°
5°
6 km
4
2
0
F.L
Ba
Br
8
6
4
2
0
Zi
Do Ya
PN
8
6
4
2
0
Ta
Ga
Ni
Co Lo
8
6
4
2
0
Ke
Ba
Ko
Ab
8
6
4
2
0
P.E
S.L
Da
Zi
Co

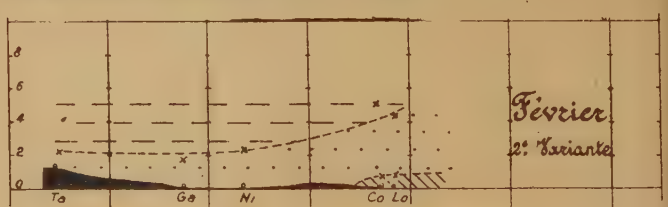

Novembre
Alt.
Lat.
6 km
F.L
Ba
Br
Zi
Do Ya
PM
To
Ga
Ni
Co Lo
Ka
Ba
Ka
Al
P.E
S.L
Da
Zi
Co

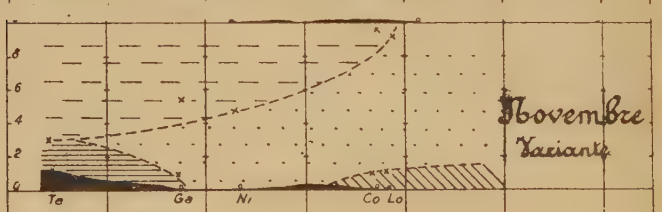

Décembre
Alt.
Lat.
6 km
F.L
Ba
Br
Zi
Do Ya
PM
To
Ga
Ni
Co Lo
Ka
Ba
Ka
Al
P.E
S.L
Da
Zi
Co

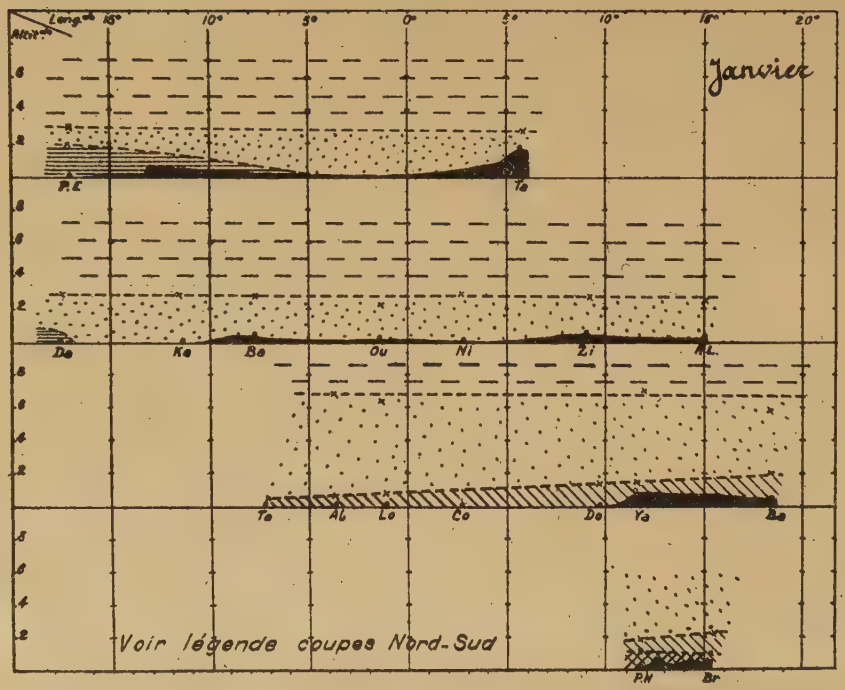

Janvier
Variante
Alt.
Lat.
6 km
F.L
Ba
Br
Zi
Do Ya
PM
To
Ga
Ni
Co Lo

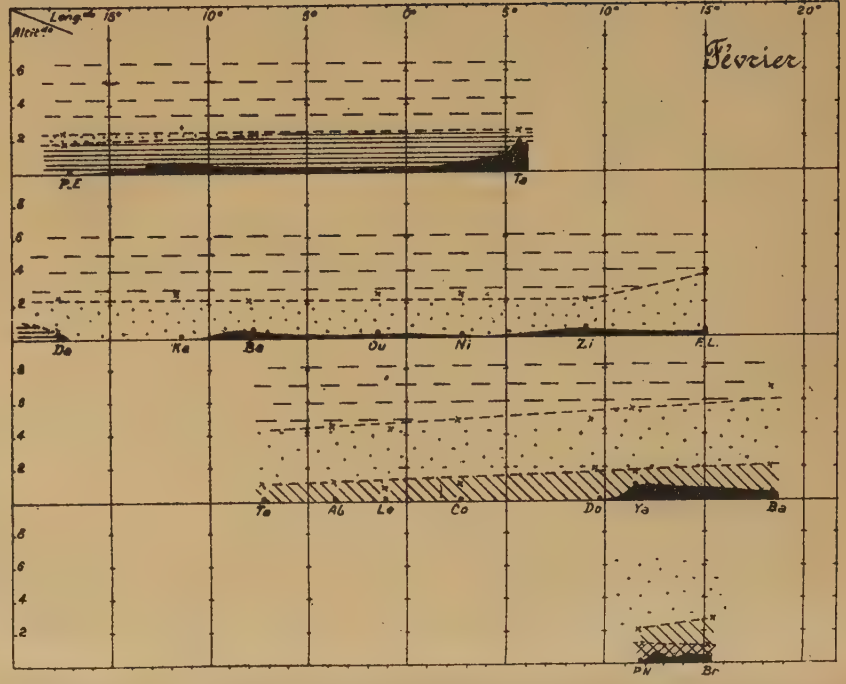

Février
1ère Variante
Alt.
Lat.
6 km
F.L
Ba
Br
Zi
Do Ya
PM
To
Ga
Ni
Co Lo

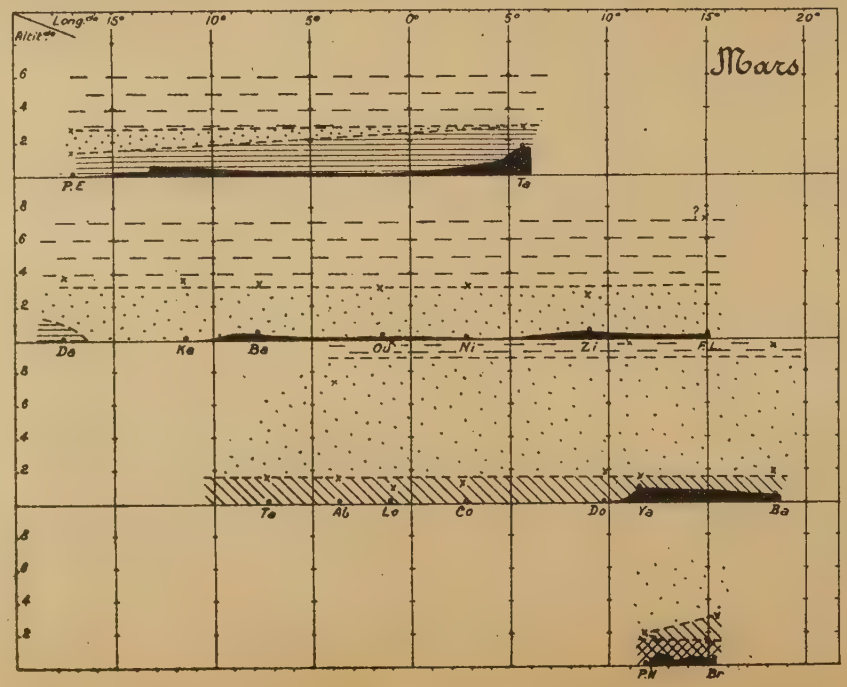

Mars
Variante
To
Ga
Ni
Co Lo

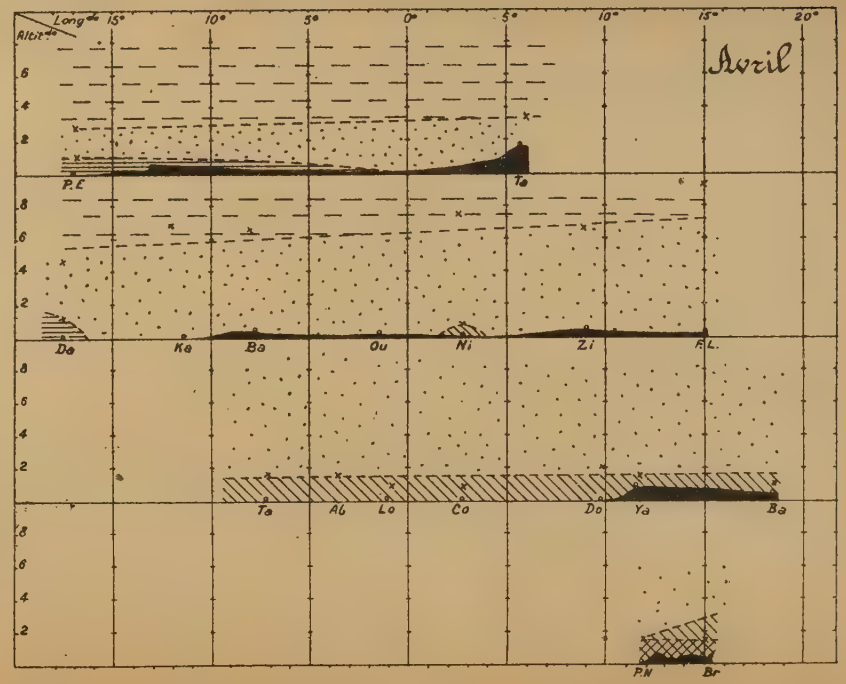

Février
2e Variante
To
Ga
Ni
Co Lo

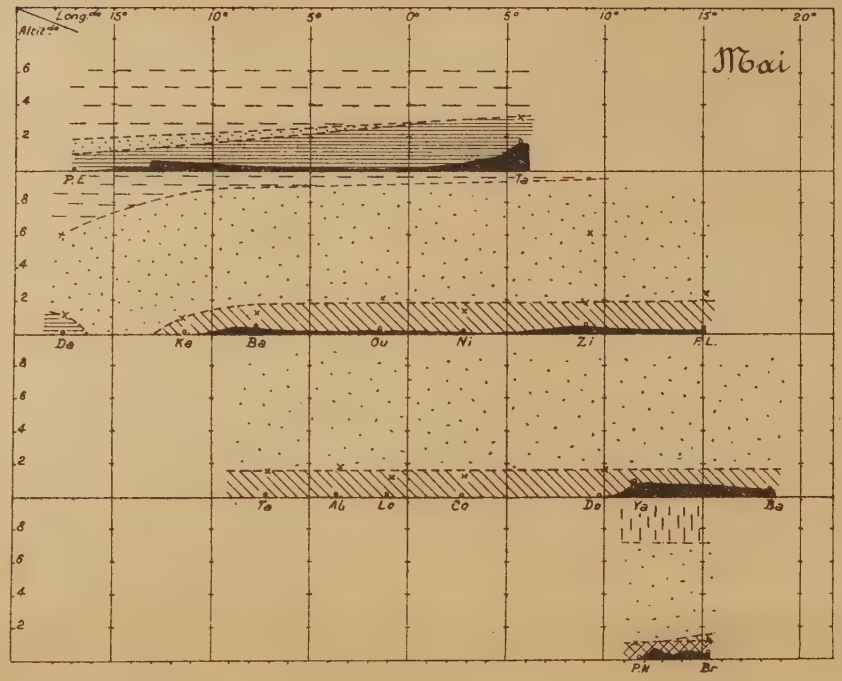

Novembre
Variante
To
Ga
Ni
Co Lo

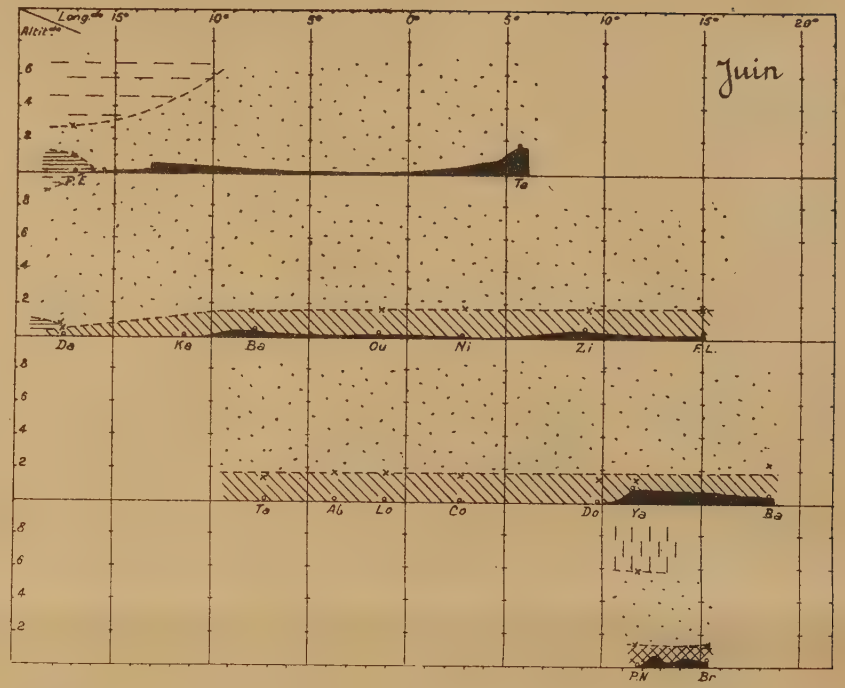

Janvier
Long.de
Altit.de
15°
10°
5°
0°
5°
10°
15°
20°
6
4
2
P.E
Te
De
Ke
Be
Ou
Ni
Zi
F.L.
Te
Al
Lo
Co
Do
Ya
Ba
P.N
Br
Voir légende coupes Nord-Sud

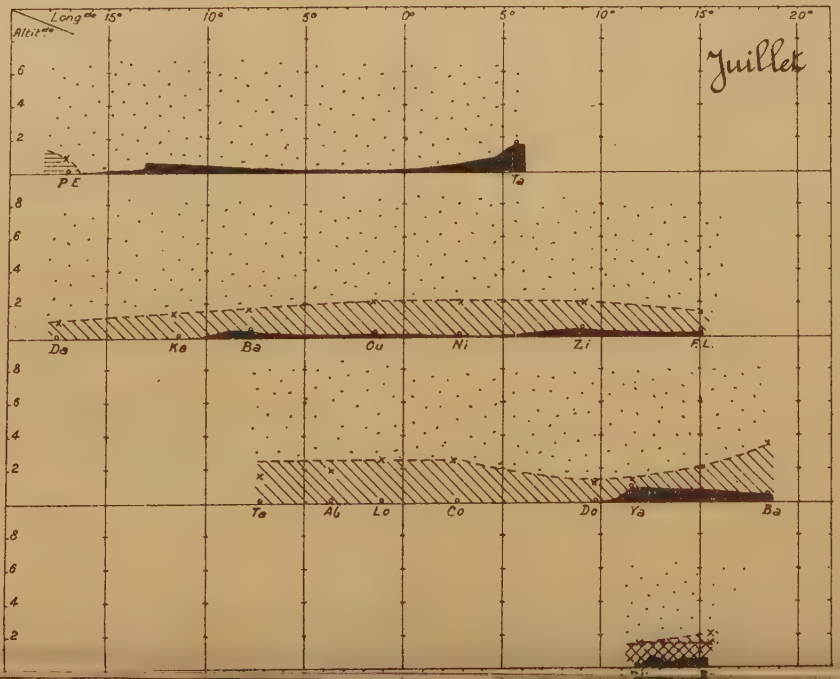

Février
Long.de
Altit.de
15°
10°
5°
0°
5°
10°
15°
20°
6
4
2
P.E
Te
De
Ke
Be
Ou
Ni
Zi
F.L.
Te
Al
Lo
Co
Do
Ya
Ba
P.N
Br

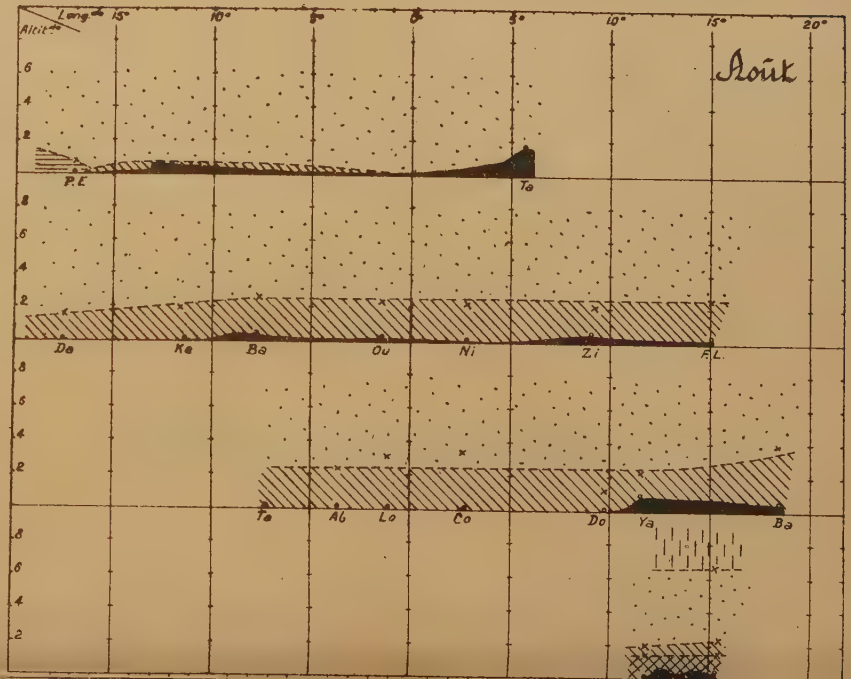

Mars
Long.de
Altit.de
15°
10°
5°
0°
5°
10°
15°
20°
6
4
2
P.E
Te
De
Ke
Be
Ou
Ni
Zi
F.L.
Te
Al
Lo
Co
Do
Ya
Ba
P.N
Br

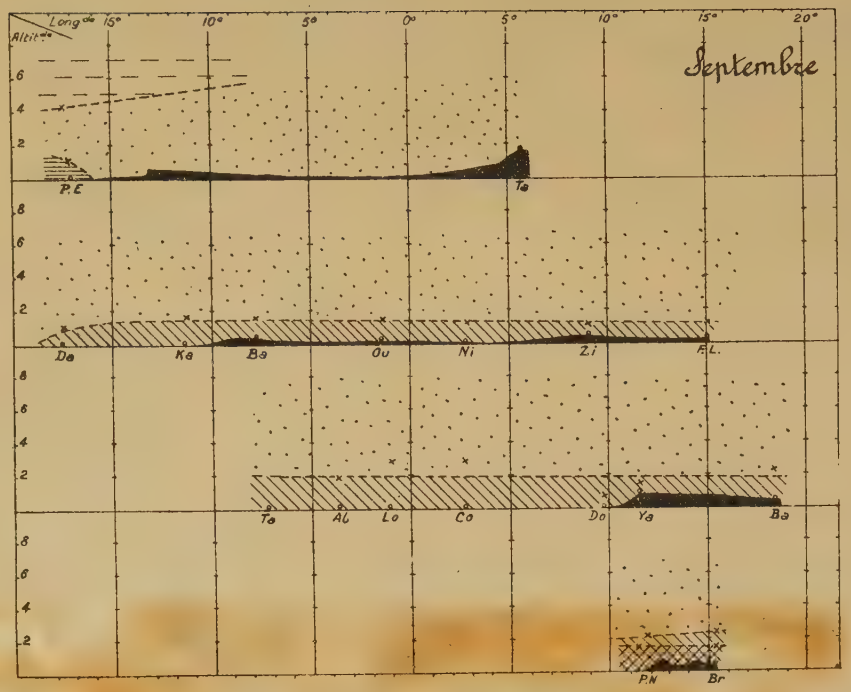

Avril
Long.de
Altit.de
15°
10°
5°
0°
5°
10°
15°
20°
6
4
2
P.E
Te
De
Ke
Be
Ou
Ni
Zi
F.L.
Te
Al
Lo
Co
Do
Ya
Ba
P.N
Br

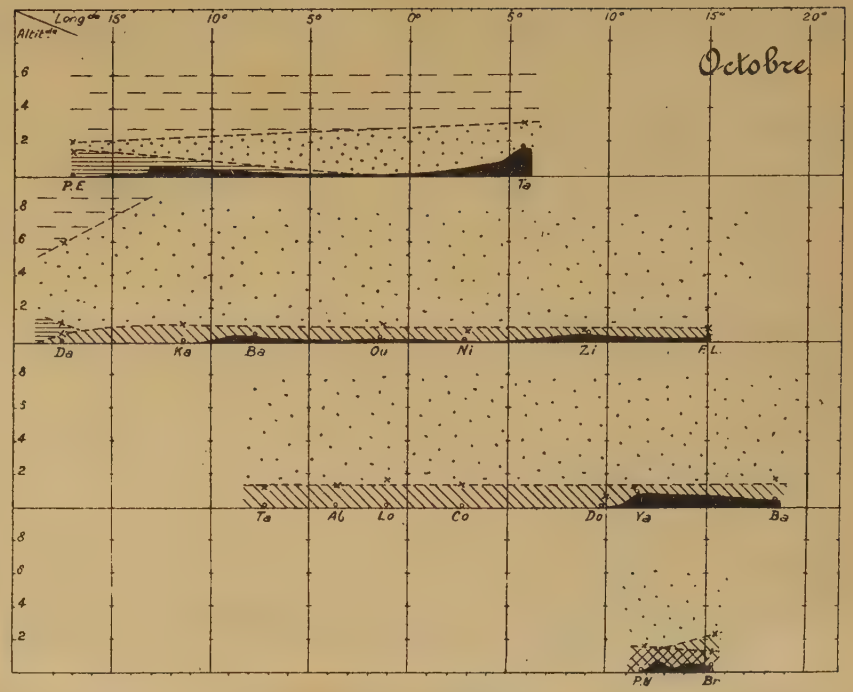

Mai
Long.de
Altit.de
15° 10° 5° 0° 5° 10° 15° 20°
P.E
Ta
Da Ke Ba Ou Ni Zi F.L.
Ta Al Lo Co Do Ya Ba
P.N Br

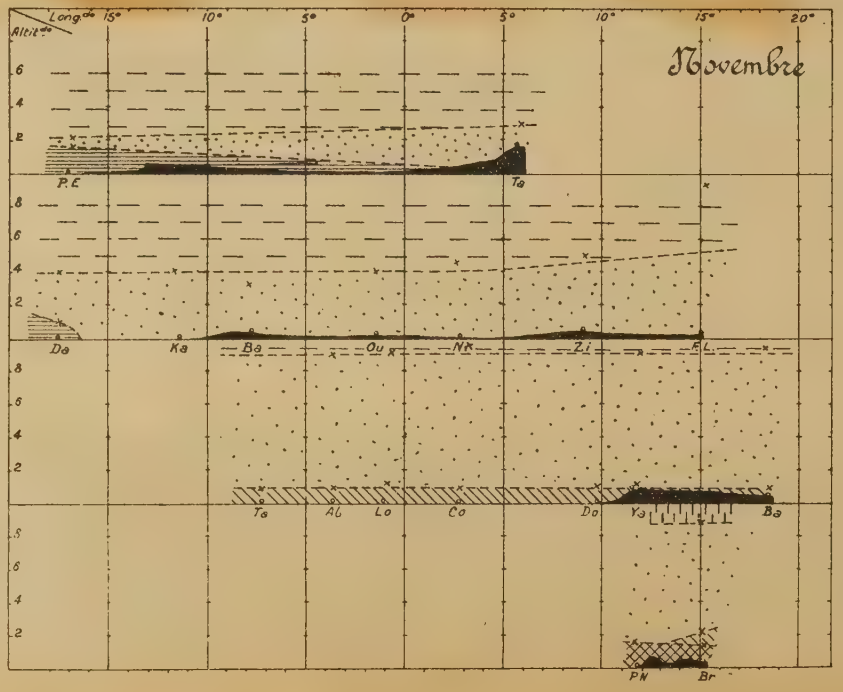

Juin
Long.de
Altit.de
15° 10° 5° 0° 5° 10° 15° 20°
P.E
Ta
Da Ke Ba Ou Ni Zi F.L.
Ta Al Lo Co Do Ya Ba
P.N Br

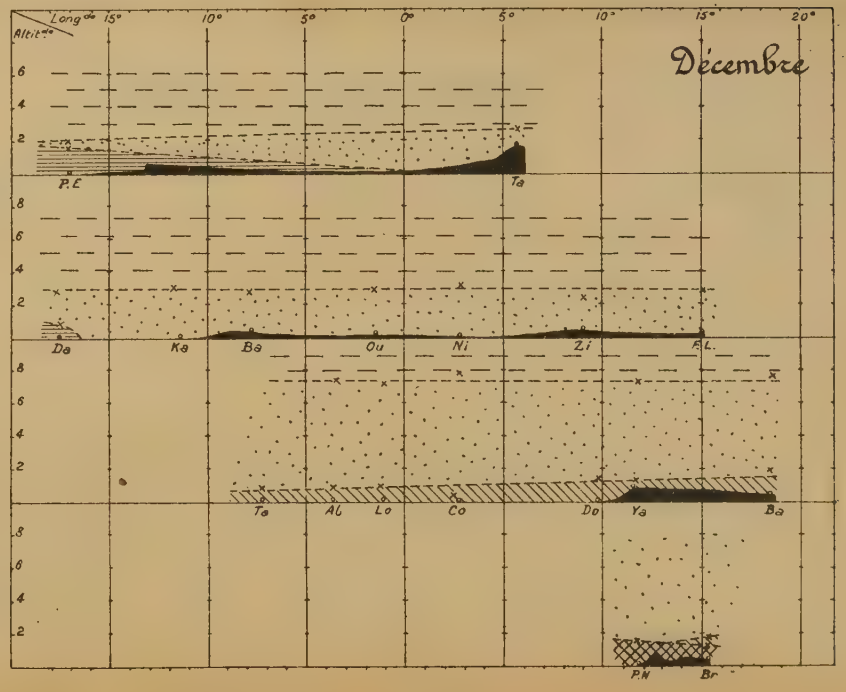

Juillet
Long.de
Altit.de
15° 10° 5° 0° 5° 10° 15° 20°
P.E
Ta
Da Ke Ba Ou Ni Zi F.L.
Ta Al Lo Co Do Ya Ba

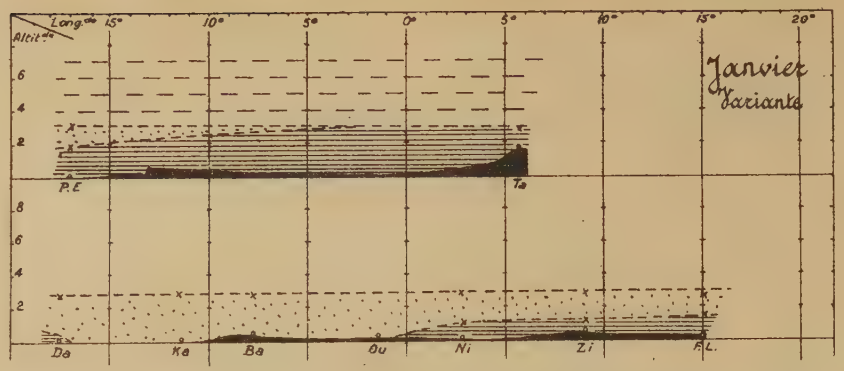

Août
Long.de
Altit.de
15° 10° 5° 0° 5° 10° 15° 20°
P.E
Ta
Da Ke Ba Ou Ni Zi F.L.
Ta Al Lo Co Do Ya Ba

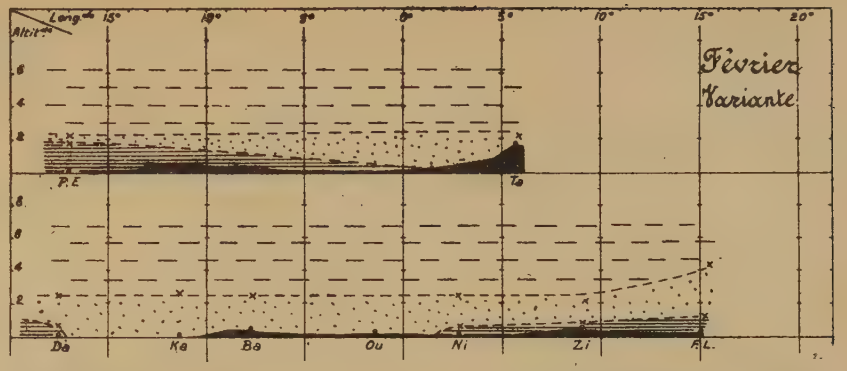

Septembre
Long.de
Altit.de
15° 10° 5° 0° 5° 10° 15° 20°
P.E
Ta
Da Ka Ba Ou Ni Zi F.L.
Ta Al Lo Co Do Ya Ba
P.N Br

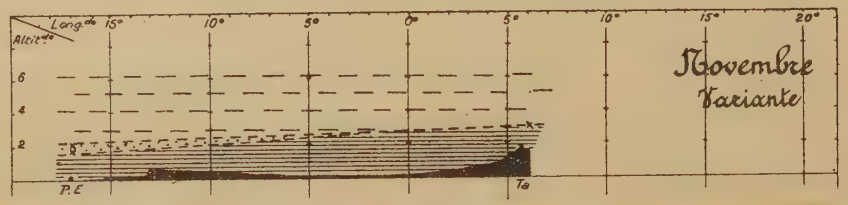

Octobre
Long.de
Altit.de
15° 10° 5° 0° 5° 10° 15° 20°
P.E
Ta
Da Ka Ba Ou Ni Zi F.L.
Ta Al Lo Co Do Ya Ba
P.N Br

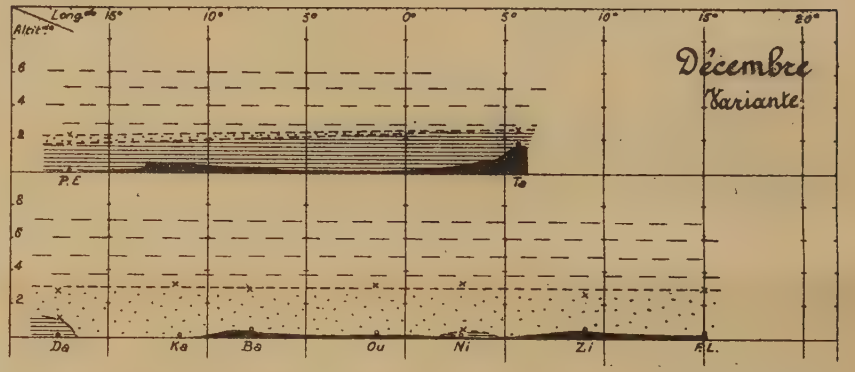

Novembre
Long.de
Altit.de
15° 10° 5° 0° 5° 10° 15° 20°
P.E
Ta
Da Ka Ba Ou Ni Zi F.L.
Ta Al Lo Co Do Ya Ba
P.N Br

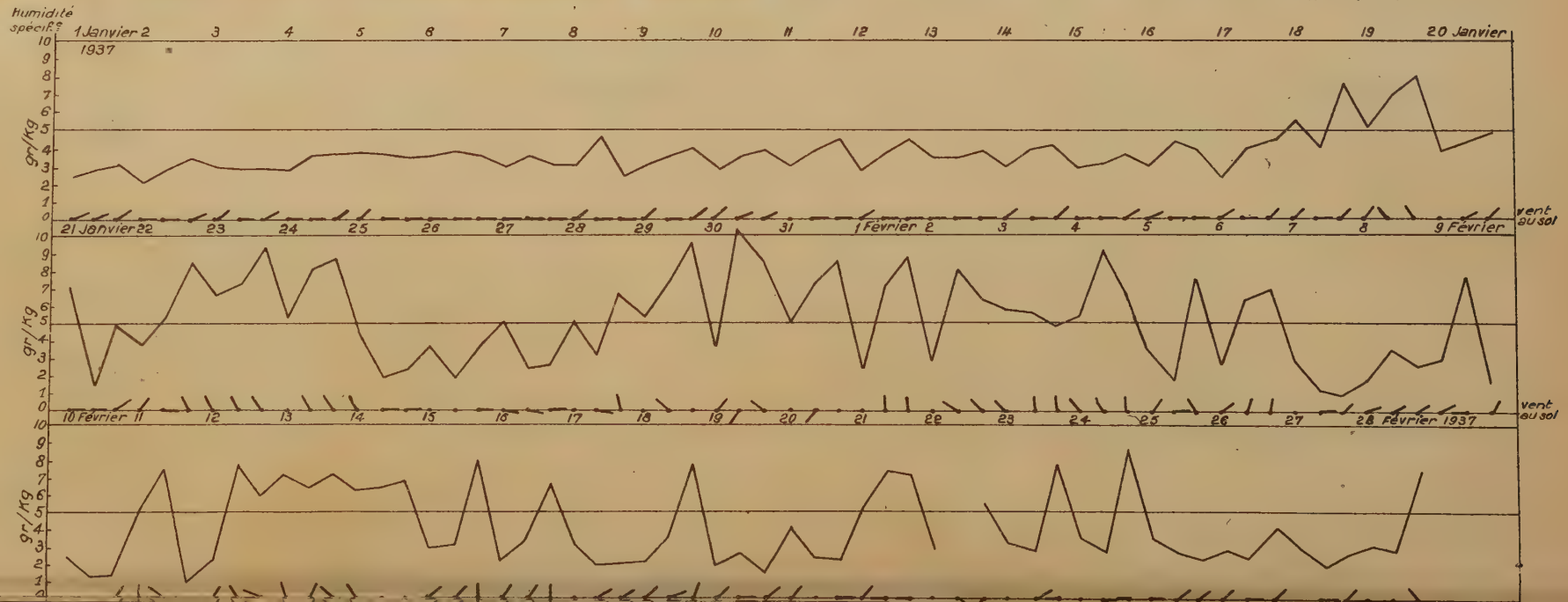

Décembre
Long.de
Altit.de
15° 10° 5° 0° 5° 10° 15° 20°
P.E
Ta
Da Ka Ba Ou Ni Zi F.L.
Ta Al Lo Co Do Ya Ba
P.N Br

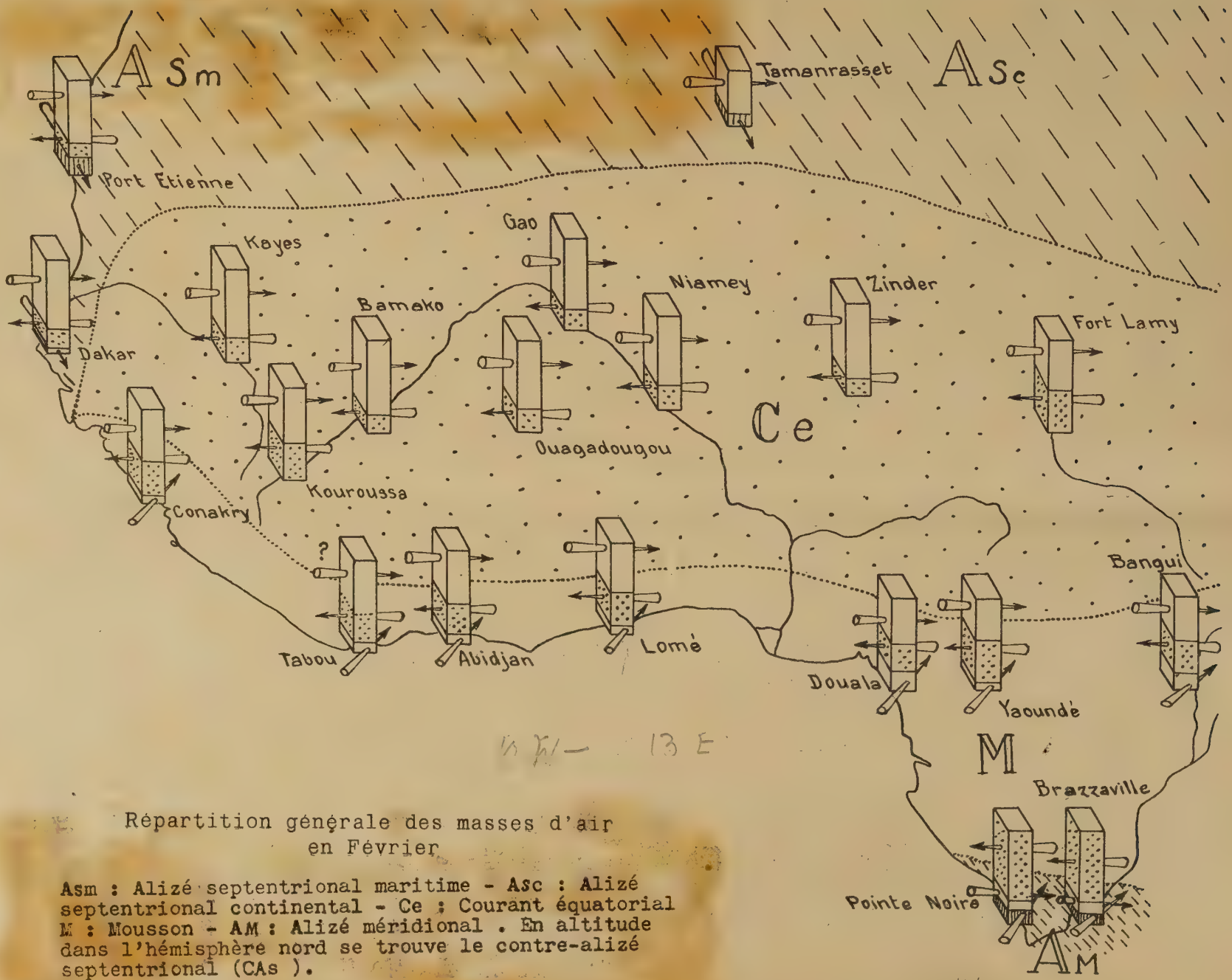

Janvier
Variante
Long.de
Altit.de
P.E
Te
Da
Ka
Ba
Ou
Ni
Zi
F.L.


Février
Variante
Long.de
Altit.de
P.E
Te
Da
Ka
Ba
Ou
Ni
Zi
F.L.


Novembre
Variante
Long.de
Altit.de
P.E
Te

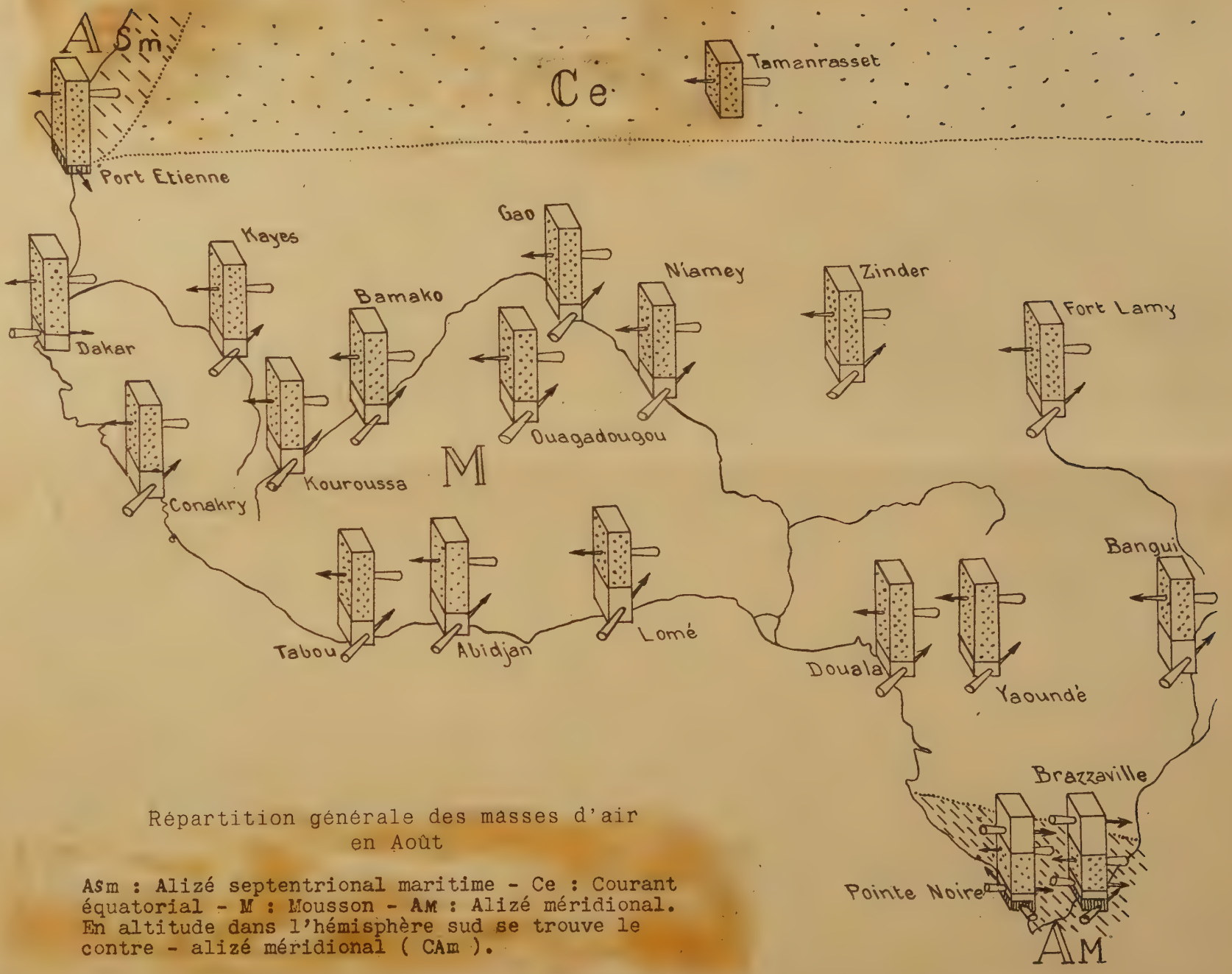

Décembre
Variante
Long.de
Altit.de
P.E
Te
Da
Ka
Ba
Ou
Ni
Zi
F.L.


Humidité spécifique
1 Janvier 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 Janvier
1937
gr/kg
vent au sol
21 Janvier 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 1 Février 2 3 4 5 6 7 8 9 Février
10 Février 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 Février 1937



Répartition générale des masses d'air en Février

Asm : Alizé septentrional maritime - Asc : Alizé septentrional continental - Ce : Courant équatorial M : Mousson - AM : Alizé méridional . En altitude dans l'hémisphère nord se trouve le contre-alizé septentrional (CAs).



Répartition générale des masses d'air
en Août

ASm : Alizé septentrional maritime - Ce : Courant équatorial - M : Mousson - AM : Alizé méridional. En altitude dans l'hémisphère sud se trouve le contre - alizé méridional (CAm).

tion est alors surtout E. N. E., elle est au contraire franchement Est en hivernage.

C'est à Gao, beaucoup mieux qu'à Niamey, qu'on peut observer l'*alizé septentrional continental*, dont il a été question précédemment. On discutera plus loin l'origine de ce vent. Constatons simplement, pour le moment, que c'est un vent du secteur N. (N.N.W. à N.N.E.).

Il alterne beaucoup plus souvent au sol à Gao qu'à Niamey avec le courant équatorial. Au cours de certaines années, il peut même être prédominant pendant un, deux ou trois mois de la saison sèche (surtout février et mars). C'est ce qui s'est passé par exemple en 1936, mais cela semble exceptionnel. La règle paraît consister en des incursions fréquentes de cet alizé, pendant des périodes de quelques jours à un mois ; ce vent occupe alors des tranches d'atmosphère de quelques centaines de mètres (novembre à janvier) ou plus (1.000 à 1.500 mètres en moyenne, de février à avril-mai). Il est à peu près toujours surmonté par le courant équatorial, le contact direct alizé-contre-alizé étant exceptionnel.

Le courant équatorial ayant parfois au sol une direction N.E., il peut paraître difficile de le distinguer, *a priori*, de l'alizé continental. Un examen attentif des feuilles de sondage montre cependant que le courant équatorial à Gao a presque constamment une direction allant de l'Est-Sud-Est à l'Est-Nord-Est. La direction N.E. est exceptionnelle. Dans presque tous les cas elle évolue vers l'Est en altitude, ce qui écarte toute hésitation.

Au contraire l'alizé continental a au sol une direction Nord, il vire souvent en altitude au N.N.W. voire au N.W., et je crois qu'il faut y rattacher les quelques coups de vent d'Ouest observés en hiver, qui résultent soit de déviations locales, soit d'une brise de fleuve (Niger) attestant au moins la disparition temporaire du vent d'Est. En général d'ailleurs, l'opposition est brutale, nette, franche, entre l'alizé continental et le courant équatorial.

Un autre élément de différenciation est l'humidité spécifique : 6-10 gr. pour la première de ces masses d'air, 2-4 gr. pour la seconde.

Ce caractère est bien mis en évidence par des graphiques sur lesquels on a porté, pour chaque heure d'observation, la direction du vent au sol (calquée sur les feuilles originales) et, en ordonnées, l'humidité spécifique. Soit que l'on considère les périodes plus ou moins longues au cours desquelles la même masse d'air subsiste sans interruption, soit que l'on considère au contraire les brusques passages de l'un à l'autre courant, il y a correspondance entre les variations de l'humidité spécifique et celles de la direction du vent (p. 54).

Si la distinction entre le courant équatorial et l'alizé continental est, comme on le voit, assez aisée à Gao, il convient d'ajouter que cette localité se trouve au voisinage de la limite extrême atteinte par cette dernière masse d'air, cette limite étant normalement reportée plus au Nord.

Les observations de Tamanrasset

Tamanrasset occupe un site exceptionnel, à 1.350 mètres d'altitude. Comme, de plus, cette localité est à 700 kil. de Gao, les conditions ne sont pas bonnes pour faire des comparaisons avec l'A. O. F.

On se bornera ici à insister sur les analogies, beaucoup moins nombreuses que celles présentées par les stations de l'A. O. F. entre elles. Ainsi s'accuse la disparition, vers Tamanrasset, du régime tropical, disparition encore accentuée par les variations souvent très grandes d'une journée à l'autre (1).

La *mousson* du S.W., si bien marquée dans toutes les stations africaines signalées ci-dessus (sauf Port-Etienne) ne parvient qu'exceptionnellement à Tamanrasset : au maximum quelques jours par an.

A différentes reprises, plusieurs auteurs ont assimilé à la mousson un vent de Sud-Est largement développé à certaines époques de l'année au-dessus de Tamanrasset. Il ne s'agit cependant ni de la mousson atlantique, ni de celle qui pourrait venir de l'Océan Indien, car cette dernière serait enregistrée au moins à Fort-Lamy, ou dans le Soudan Anglo-Egyptien, et ce n'est pas le cas.

D'après les indications qu'à bien voulu me donner M. l'Ingénieur-Météorologiste des Colonies Gouault, on aurait probablement affaire à un refoulement du courant équatorial par la mousson atlantique, comme c'est notamment le cas pour le vent de S.E. qui s'observe à Faya (A. E. F.) en été.

Le *contre-alizé* demeure en permanence en altitude à Tamanrasset de septembre-octobre à mai. Sa limite inférieure s'y trouve souvent à un millier de mètres plus bas qu'à Gao ; des graphiques éta-

(1) Pour les interprétations ci-dessous on a utilisé les feuilles quotidiennes du Bulletin Météorologique de l'Algérie, qui comportent d'ordinaire un sondage pour Tamanrasset. Ces sondages ont été reportés sur des feuilles mensuelles, et ces dernières ont servi de base aux interprétations donnés ici.

blis jour par jour pour les mois d'hiver montrent que ses variations d'altitude sont souvent en même temps de même sens dans les deux localités.

D'une façon à peu près constante, toute l'année, la station de Tamanrasset enregistre au sol un vent de N.E. Il se développe d'ordinaire très peu en altitude et est différent de celui qu'on observe à 500 mètres. Il semble par conséquent qu'il faille le considérer comme ayant un caractère purement local. On se bornera à son sujet, à la présente mention.

Je considère qu'il convient de rapporter au *courant équatorial*, tel qu'il a été décrit précédemment, tous les vents à composante Est qui soufflent, à Tamanrasset, de juin à septembre, au-dessus de celui — purement local — dont il vient d'être question. On sait que ces vents ont reçu, de la part de plusieurs auteurs, des dénominations diverses. La grande majorité des sondages effectués fait ressortir des directions oscillant de l'E.N.E. à l'E.S.E., ce qui correspond bien avec ce qu'on sait du courant équatorial. Les humidités spécifiques (3 à 5 gr.) confirment cette assimilation.

Je rattache également à ce dernier vent ceux qui, de septembre à juin, ont une composante Est, et se trouvent compris, en altitude, entre le contre-alizé et le vent du N.E. local qui souffle à proximité du sol. Leur direction est d'ailleurs le plus souvent E.N.E. à E., c'est-à-dire conforme à celle du courant équatorial. Ils alternent d'ordinaire avec des vents de direction N. à N.N.W. que je rapporte surtout à l'*alizé septentrional continental.*

Je fais donc une différence entre cet alizé et le courant équatorial, alors que la plupart des auteurs n'y voient qu'une seule et même masse d'air, qui serait originaire du Sud-Algérien (ou du Sahara Central) et dont la direction passerait progressivement, en latitude, du Nord au Nord-Est et à l'Est.

Afin d'apporter quelque précision dans le débat, examinons d'abord la période d'été (juin à septembre). Il y a alors un petit centre anticyclonique quasi-permanent dans la région des Hauts-Plateaux algériens, mais il est trop localisé pour qu'on puisse penser qu'il puisse donner naissance à toute la masse du courant équatorial, développée sur plus de 3.000 kilomètres en latitude. D'ailleurs au sud de ce petit centre anticyclonique, le Sahara Central est occupé alors par une vaste dépression (Tamanrasset) vers laquelle les vents au sol peuvent converger, mais d'où ils ne peuvent se propager.

Or non seulement on n'observe pas, en cette saison, de vent qui soit comparable à l'alizé, mais encore on constate que la limite méridionale du courant équatorial ne correspond pas à la zone dépressionnaire en question, mais se trouve reportée au moins à 3.000 *kilomètres* au Sud. En outre, le courant équatorial, qui à sa masse principale située à une latitude très inférieure à celle de Tamanrasset, se termine en biseau au Nord de cette localité, c'est-à-dire dans des conditions inverses de celles qui se produiraient s'il était le prolongement de l'alizé. On ne peut donc le faire procéder de celui-ci, qui, répétons-le, n'existe d'ailleurs pas.

Si la question est tranchée pour l'été, elle reste plus délicate pour les autres périodes de l'année, bien qu'*a priori*, si le courant équatorial ne procède pas de l'alizé dans le premier cas, il y a peu de raisons pour qu'il n'en soit pas de même pour le second.

Pour dégager la question, le mieux est sans doute de partir de comparaisons entre Tamanrasset et Gao, en choisissant des époques où les venues de vent du Nord, moins durables, tranchent nettement sur les périodes de vent d'Est qui les encadrent.

En portant ainsi sur des graphiques identiques les sondages des mois de janvier 1936 et 1937, pour lesquels on a le maximum de renseignements, on constate qu'aux jours de vent d'Est de Gao correspondent des vents qui, à 500 mètres d'altitude à Tamanrasset (1) ont presque toujours une direction E.N.E., E., E.S.E. ou S.E. et exceptionnellement S. ou S.S.W. Ceci montre que les vents à composante E. de Tamanrasset sont à rattacher aux vents d'Est de Gao, c'est-à-dire au courant équatorial de l'Afrique tropicale.

Quant aux jours où il y a du vent du Nord à Gao, ils correspondent soit exactement, soit avec un retard d'une journée, à des vents qui ont, à Tamanrasset : au sol, la direction N.E. (le plus souvent) N.N.E. ou N.W. ; et, à 500 ou 1.000 m., la direction N.N.W., N.W., et, rarement W.N.W. ; c'est-à-dire à des vents, qui, à faible altitude au moins, sont, le plus souvent, N.N.W.

Bien que tous les vents du N.N.W. de Tamanrasset se prolongent pas *dans tous les cas* sur Gao, et que les vents du N., à Gao, ne viennent pas *directement* de Tamanrasset (ce qui est normal puisque la première de ces localités a une longitude plus occidentale que la seconde), il semble bien qu'on est en droit d'identifier aux vents du N. de Gao pour les mois considérés, la plus grande partie de ceux de Tamanrasset variant entre le N. et le N.W.

Ce sont ces vents communs aux deux localités

(1) La direction N.E. du vent local au sol ne peut évidemment pas être prise en considération ici.

que je groupe sous la désignation d'alizé continental. La direction de celui-ci fait un angle droit avec celle du courant équatorial et il n'y a pas dans le Sud prolongement du premier par le second.

De plus, au point de vue physique, il a pu être montré qu'à Gao, les humidités spécifiques des deux vents sont nettement différentes. A défaut de renseignements de cet ordre, on peut noter, à Tamanrasset, malgré l'obstacle apporté par l'écran de vent local du N.E., que les périodes de vent d'Est ont des températures relativement élevées. Il y a donc bien lieu de distinguer, même dans cette localité, l'alizé continental du courant équatorial.

Il est d'ailleurs facile de montrer qu'en hiver ce dernier ne procède pas plus d'un vent du Nord au sol qu'en été. Normalement les vents du N. sous le méridien de Tamanrasset sont alors au Nord de cette localité : ils émanent du petit centre anticyclonique quasi-permanent de la région des Hauts-Plateaux algériens. Mais ces vents, qui tournent très rapidement à l'Est, sont séparés de la région de Tamanrasset par une zone de vents nuls (Touggourt, Ouargla, El Goléa. Fort Flatters, et éventuellement Djanet). Il ne saurait donc être question de leur rattachement avec le courant équatorial.

Il convient d'insister sur le fait que la situation barométrique au niveau de la mer ne paraît pas plus, en hiver qu'en été, susceptible d'expliquer le courant équatorial, puisque ni le vent du Nord ni le vent d'Est des Hauts-Plateaux ne parviennent normalement au sol à Tamanrasset.

D'ailleurs comme le vent d'Est de Tamanrasset ne procède pas d'un vent du Nord au sol et comme il est pratiquement impossible de ne pas le rattacher au courant équatorial dont la masse est dans le Sud, il est normal que la distribution des isobares au niveau de la mer soit sans effet sur lui. Très souvent du reste ces courbes sont réparties de façon à former en hiver une sorte de marais entre l'anticyclone atlantique, dépassant rarement le Maroc à l'Est, et l'anticyclone asiatique, dont les dernières courbes fermées se terminent dans la région Mourzouk - Ghadamès. La façon dont finit le courant équatorial en biseau vers le Nord, avec une limite constituée par une zone de vent nul, précise son indifférence quant à la distribution des isobares au sol et justifie une fois de plus l'idée que son mouvement est surtout dû à l'inertie.

Quant au vent du Nord, lorsqu'il souffle à Tamanrasset, soit au sol, soit à faible altitude, il semble surtout en relation soit avec la présence, sur l'Europe centrale ou méridionale, d'une zone anticyclonique puissante, soit avec l'existence d'une bande anticyclonique allongée, (E-W) en Afrique du Nord, au Sud d'une dépression assez creuse étendant ses effets jusqu'en Méditerranée.

Dans le premier cas l'arrivée du vent du Nord jusqu'au Sahara se fait sans difficulté ; et ce vent y occupe alors une grande hauteur d'atmosphère. Si l'on a affaire alors à un « mécanisme de soufflerie » on ne saurait songer à employer le terme d'alizé, qui comporte une situation beaucoup plus méridionale d'un centre anticyclonique. Il semble d'ailleurs que ce vent ne pénètre qu'exceptionnellement au delà du tropique.

La seconde situation barométrique, qui permet une extension plus méridionale du vent du Nord, comporte assez souvent soudure des deux anticyclones atlantique et asiatique et renforcement de la pression entre les 30 et 35 èmes parallèles. Ce sont là les conditions qui paraissent vraiment s'accorder à l'interprétation qui a été donnée ici du mot alizé. Mais du fait que la zone de hautes pressions de l'Afrique du Nord est loin d'avoir l'importance du centre d'action de l'Atlantique Nord, les manifestations de l'alizé continental sont beaucoup plus limitées en latitude que celles de l'alizé maritime.

Les indications précédentes montrent que l'élément direction ne suffit plus à caractériser l'alizé continental à Tamanrasset. Comme par ailleurs la stabilité de direction du vent pendant de très longues périodes est souvent troublée, au-dessus de cette localité, par des invasions de masses d'air parasites, Tamanrasset apparaît ainsi, aussi bien pour l'été que pour l'hiver, au voisinage de la limite météorologique des régions tropicales.

Lorsqu'en hiver l'extension des anticyclones atlantique et asiatique amène leur soudure, l'alizé maritime et l'alizé continental deviennent jointifs. Ceci explique l'incurvation particulière donnée, dans l'esquisse de la page 55, à la trace sur le sol de la limite Sud de l'alizé en février.

Le graphique annuel de Tamanrasset montre entre septembre et juin des mois où domine soit le vent d'Est, soit le vent du Nord. En réalité il n'est pas de mois où ceux-ci n'alternent et il est quelquefois délicat de savoir quel est celui des deux qui souffle le plus longtemps. Ceci explique les variantes des graphiques et des coupes. Il est à craindre d'ailleurs que la carte perspective de la page 55 fasse une trop large part à l'alizé continental.

Les deux masses d'air se superposent rarement à Tamanrasset; elles y occupent plutôt toute la

hauteur d'atmosphère comprise entre le sol et la base du contre-alizé. Quand le vent d'Est souffle seul, sa limite extrême vers le Nord ne dépasse pas la discontinuité Ouargha-El Goléa.

Les vents inférieurs du S.W. en octobre constituent une anomalie non interprétée.

On retiendra surtout de la longue description de cette coupe N.S., les analogies avec celle de Port-Etienne-Conakry, la terminaison en biseau des principaux courants aériens considérés, et la différenciation entre le courant équatorial et les vents du Nord (alizé continental notamment).

V. **La quatrième coupe Nord-Sud**

Les observations de Zinder

La simple confrontation des graphiques annuels de Niamey et de Zinder suffit pour montrer l'analogie des deux stations.

Les observations de Douala

On remarque dans cette localité : 1° un vent d'Ouest très élevé, se manifestant surtout en hiver ; 2° un vent d'Est ; 3° un vent de Sud-Ouest au sol ; 4° alternant avec le précédent, un vent de Nord à N.E. Ce dernier est négligeable au point de vue de la circulation générale, car c'est une *brise* de terre.

Le vent d'Est est le *courant équatorial*, dont les manifestations sont comparables à celles mentionnées pour les autres stations du Golfe de Guinée.

Dans le vent du Sud-Ouest, d'origine maritime, il y a deux éléments distincts. D'abord une *brise* de mer, qui ne s'élève probablement pas à plus de quelques centaines de mètres de hauteur, et qui alterne toute l'année avec la brise de terre.

L'autre vent, qui se superpose à la brise de mer, a une origine difficile à définir. Son extention en altitude est fort variable dans le temps, mais elle n'est pas régulièrè comme pour les autres stations du Golfe de Guinée considérées précédemment.

En octobre et novembre, en raison de la faible hauteur atteinte par le vent du Sud-Ouest, il semble qu'il n'y ait alors que la brise de mer. A partir de novembre le plafond du vent de Sud-Ouest croît jusqu'en février-avril. En même temps la direction se rapproche souvent du Sud.

Ce dernier caractère fait évidemment penser à un alizé méridional dévié, mais la période correspond mal à une telle extention de ce courant vers le Nord. D'autre part, ce qu'on sait de la répartition des maxima des températures journalières, croissant dans l'Est et le Nord de Douala, ainsi que des pressions correspondantes, décroissantes à cette époque, établit la possibilité d'un « effet d'aspiration » — comme pour la brise de mer — d'une *mousson* par conséquent. C'est finalement à cette dernière qu'on imputera le vent de Sud-Ouest de Douala de novembre à avril. Cette manière de voir s'accorde avec la valeur de l'humidité spécifique, laquelle reste toujours alors celle de la mousson (16-17 gr.).

En mai et en juin, quelquefois même plus tôt, l'altitude atteinte par le plafond du vent de Sud-Ouest redevient très faible. Cette réduction notable de la mousson s'explique par le renversement de la distribution des températures, devenues décroissantes, dans l'Est de Douala.

Enfin, en juillet, il y a nouvel accroissement de l'altitude du vent maritime, orienté alors à l'Ouest, et décroissance rapide à partir de septembre.

Ici encore on peut parler soit d'alizé méridional dévié, soit de mousson. En faveur de la première interprétation on peut faire valoir, d'une part, la période de l'année, qui est celle du maximun d'extension du centre des hautes pressions de Sainte-Hélène, et, d'autre part la répartition des températures à l'Est de Douala, qui est défavorable au mécanisme « d'aspiration ». En faveur de la seconde hypothèse on ne peut manquer de faire intervenir l'importance de la déviation — de l'ordre de 90° — et l'extension du courant aérien dans l'intérieur du continent, sous l'influence de zones dépressionnaires lointaines. On sait en effet que les vents d'Ouest de la côte du Cameroun et du Gabon atteignent le Soudan Anglo-Egyptien, l'Abyssinie et la Côte française des Somalis ; ils franchissent nécessairement, par suite, les régions intermédiaires.

L'élément susceptible de lever toute hésitation sur l'origine du vent du S.W. au sol, à cette époque de l'année, paraît être la valeur de l'humidité spécifique. Or elle n'est pas celle de l'alizé méridional ($\leqslant$ 13 gr.), mais bien celle caractéristique de la mousson (16-17 gr.). C'est donc à ce dernier terme qu'il convient de se rallier.

Le vent d'Ouest en altitude n'a été décelé, en hiver, que par des observations de nuages ; il est certainement très élevé. Jusqu'à plus ample informé, et quelles que soient les restrictions que paraissent devoir imposer sa direction, on le rangera provisoirement dans le *contre-alizé* (1).

(1) Un vent d'Ouest a été observé également en altitude en été, ceci aussi bien à Douala qu'à Yaoundé. Les renseignements consignés à son sujet ne permettent pas encore d'en faire l'étude.

Les observations de Yaoundé

Bien que cette localité soit à une altitude élevée (780 mètres), les renseignements fournis par les sondages correspondent à ceux obtenus à la côte. Le contre-alizé y a été toutefois perçu plus nettement.

En outre, lorsque le vent du S.W. est réduit en altitude à Douala, le vent d'Est peut souffler directement au sol à Yaoundé. Ce cas n'est cependant pas le plus fréquent.

Les observations de Pointe-Noire

Cette localité est située dans l'hémisphère méridional, à plus de 1.000 kilomètres au Sud de Douala. Il est normal d'y trouver des différences notables avec ce qui a été indiqué précédemment. En particulier la stabilité de la direction le long d'une même verticale est moins souvent la règle qu'en Afrique Occidentale et au Cameroun.

En faisant abstraction de la *brise* de terre, du N.E., on observe en permanence, toute l'année et avec une régularité exceptionnelle, un vent de S.S.W., s'ajoutant à la brise de mer. Il occupe, à partir du sol, une tranche d'atmosphère de l'ordre d'un kilomètre. En juillet-août, période de l'extension maxima du centre anticyclonique de Sainte-Hélène, ce vent vire fréquemment au S.S.E. accusant ainsi un parallélisme étroit avec l'alizé maritime méridional.

Cette dernière circonstance montre l'influence prépondérante que peut prendre, au moins temporairement, le « mécanisme de soufflerie » dans la formation du vent inférieur de Pointe-Noire. Dans ces conditions, il est logique d'assimiler celui-ci à *l'alizé maritime méridional* (Am), plus ou moins dévié, suivant les saisons, par l'action du continent (effet de brise). Cette manière de voir se trouve renforcée par le fait qu'en août, époque de la plus grande extension de cet alizé vers le Nord, l'humidité spécifique s'abaisse à 13 gr., marquant ainsi une différence nette et précise avec la mousson.

Toutefois, au cours de certaines périodes, cet alizé est surmonté, sur un kilomètre environ, par un vent d'Ouest. Sans doute celui-ci peut ne marquer qu'une simple déviation de l'air en altitude, comme cela se passe, par exemple, à Lomé. Mais, contrairement à ce qui se produit au-dessus de cette dernière localité, l'opposition brutale des directions fait penser à une discontinuité et par conséquent à deux vents différents. De plus, certaines époques des expansions supérieures à Pointe-Noire ne concordent pas avec celles du développement de l'alizé méridional. Aussi, en l'absence de renseignements physiques sur ces vents en altitude, on peut poser, *comme première hypothèse*, que ces expansions se rapportent à une *mousson*, déterminée par un « effet d'aspiration » du continent. Ceci est du moins conforme aux conditions thermiques et au régime des pluies pour la période d'hiver. La question demande toutefois à être précisée.

Au-dessus de ces vents se trouve un courant d'Est, soufflant souvent encore au delà de 10 kil., avec des directions passant de l'E.S.E. à l'E.N.E., c'est-à-dire avec les caractères typiques du *courant équatorial*. Celui-ci s'étend ainsi depuis les environs du 25e parallèle N. jusqu'au delà du 5e parallèle Sud. Ceci suffirait à le distinguer de l'alizé septentrional, auquel on a voulu le rattacher. On remarquera que si les caractères physiques, l'origine et l'opposition des directions font obstacle à ce rattachement, on ne saurait davantage identifier le courant équatorial avec l'alizé méridional, qu'il surmonte à angle droit à Pointe-Noire.

Quelques sondages, effectués en mai et juin, montrent, à 5.000 mètres et plus, la base d'un vent N.N.E. à N.W., passant parfois à l'Ouest, qui pourrait être le *contre-alizé méridional* (Cam). Les observations sont encore trop peu nombreuses pour qu'il soit possible d'être affirmatif sur ce point.

A titre d'information, il faut signaler qu'à Pointe-Noire, comme d'ailleurs à Brazzaville, les perturbations sont des grains orageux venant de l'Est, et ceci est un élément d'identification complémentaire avec ce qui se passe au Nord de l'Equateur, et par conséquent relativement au courant équatorial.

Si cette quatrième coupe présente des analogies importantes avec ce qu'on a vu précédemment, certains faits observés soulèvent des difficultés d'interprétation. Celles-ci ne pourront être levées que par une étude serrée des caractères physiques.

VI. **La cinquième coupe Nord-Sud**

Les observations de Brazzaville

Elles correspondent très étroitement à celles de Pointe-Noire, à 500 kilomètres dans l'Ouest.

Les seuls éléments à rapporter au *contre-alizé méridional* ne figurent guère que dans les observations d'août, c'est-à-dire à une période où la base de ce vent est à sa plus faible altitude.

Au-dessous du *courant équatorial*, se place un

vent de S.S.W. ou S.W. au sol, évoluant généralement en un vent d'Ouest en altitude. Par analogie avec ce qui a été dit pour Pointe-Noire, je pense qu'il faut faire au moins de la partie inférieure de ce vent un *alizé* méridional dévié, et des parties supérieures, qui ne se manifestent qu'à certaines périodes, une *mousson*. Mais. bien entendu, il ne s'agit ici que d'hypothèses, moins solides d'ailleurs que celles formulées pour Pointe-Noire, les déformations subies sous l'influence du continent étant alors considérables. La mousson, en tout cas, s'expliquerait : pour la période d'hiver, par la distribution des températures et des précipitations ; — pour la période d'été, par l'action — lointaine sans doute — du centre dépressionnaire que constitue le continent africain au Nord de l'équateur.

Les observations de Bangui

Les renseignements concernant le *contre-alizé septentrional* et le *courant équatorial* corroborent les observations de Yaoundé.

Les observations relatives aux vents inférieurs tendent à faire diviser ceux-ci en deux groupes. De mai à novembre, leur direction est S.W. à W. Ils sont surtout déterminés par le centre dépressionnaire d'origine thermique situé au Nord de Bangui. Ils représentent donc la *mousson* dont ils ont d'ailleurs l'humidité spécifique (15 *g.*).

De novembre à mai, les vents inférieurs sont surtout orientés S.S.E. ou S.S.W. à S.W. Leur humidité spécifique (9 gr.) ne correspond à celle d'aucun courant aérien de la région. Ce qu'on sait de la distribution des températures et des pluies dans l'Afrique de l'Ouest (1) montre que le mécanisme d'aspiration est encore dominant dans cette région. Par suite l'assimilation du vent à composante S. à une mousson vers sa limite d'extension est peut-être la plus correcte.

Les observations de Fort-Lamy

Si Fort-Lamy ne présente pas de différences essentielles avec les stations de même latitude en ce qui concerne le *contre-alizé* (2), la *mousson* et le *courant équatorial*, les distinctions entre cette dernière masse d'air et l'alizé continental, en saison sèche, y sont par contre délicates.

Les observations montrent en effet que le vent au sol vient presque toujours du N.E., comme c'est le cas pour beaucoup de stations septentrionales de l'Afrique tropicale, et on peut imputer cette direction aussi bien à l'alizé qu'au courant équatorial. Pour essayer de dégager la question, il a paru bon de faire appel ici encore, d'une part, aux variations d'humidité spécifique, d'autre part, aux analogies possibles avec Gao. Or, on constate :

1° Que les vents de N.E. au sol à Fort-Lamy virent très souvent à l'Est en altitude ;

2° Que les périodes d'une certaine durée de vent d'Est (ou N.E.) sont caractérisées par une humidité spécifique toujours faible ;

3° Que l'absence de vent au sol ou que le vent du Nord au sol correspondent le plus souvent soit à des vents de N., de N.N.E., de N.N.W., N.W., en altitude ;

4° Que ces vents, ainsi que les vents d'Ouest, sont accompagnés d'une forte augmentation de l'humidité spécifique ;

5° Qu'il y a une assez bonne correspondance entre les vents du Nord de Gao et ceux de Fort-Lamy, bien que les deux localités soient à plus de 1.500 kilomètres de distance.

De tout cela on peut conclure d'abord à une différence d'ordre physique entre ce qui est vent d'Est et ce qui n'est pas vent d'Est. Sans doute les humidités spécifiques élevées par vent d'Ouest — voire de Nord-Ouest — sont dues à la brise de fleuve (1) (ou de lac) que M. l'Ingénieur-Météorologiste des Colonies Gouault a eu l'occasion d'observer à Fort-Lamy, mais il n'en reste pas moins plusieurs analogies entre les vents de cette dernière localité et ceux de Gao. On paraît donc fondé à ranger dans le courant équatorial tout ce qui est vent de N.E. à E., et dans l'alizé septentrional tout ce qui est vent de N.N.E. à N.W. (2).

S'il en est ainsi on voit que, sans nier l'importance que peut prendre temporairement l'alizé continental à Fort-Lamy, lorsqu'on tient compte des observations faites aussi bien au sol qu'en altitude, le courant équatorial reste, pour chaque mois, le courant inférieur dominant en saison sèche.

Cette cinquième et dernière coupe est évidemment celle qui présente les plus grandes difficultés

(1) H. Hubert. — Cartes météorologiques de l'Ouest africain. *Ann. Phys. Gl. France d'Outre-Mer.* 1924, N° 1, p. 25.

(2) Les observations relatives à ce courant donnent des altitudes anormalement élevées pour certaines années.

(1) Ce qui correspondait d'ailleurs à ce qui se passe à Gao.

(2) Pour être plus précis, il faudrait faire la distinction entre l'alizé vrai, issu de l'anticyclone asiatique, et les vents d'origine plus lointaine, émanant par exemple d'anticyclones mobiles centrés en Europe. On comprend que pour le moment une telle descrimination n'est pas possible.

d'interprétation. Si le courant équatorial reste, là encore, une masse d'air bien caractérisée, il est parfois malaisé à distinguer, à Fort-Lamy, de l'alizé septentrional, qui a alors, lui aussi, des caractères de vent continental. Il est encore plus difficile, pour le moment du moins, de faire la part exacte de ce qui revient à l'alizé méridional et à la mousson, dans les localités de basse latitude de la coupe. Sous la longitude considérée les caractères typiques des masses d'air de l'Afrique de l'Ouest commencent à s'altérer : on a l'impression d'aborder une zone de passage vers les autres grands régimes du continent : celui de l'Afrique du Nord, celui de l'Afrique de l'Est, celui de l'Afrique du Sud.

VII. Les coupes Est-Ouest

Afin de compléter les renseignements donnés par les coupes Nord-Sud, il a paru désirable d'en présenter plusieurs autres, orientées Est-Ouest.

Ces coupes sont sans doute beaucoup moins importantes que les coupes Nord-Sud ; et du fait qu'elles traduisent des variations moins marquées, on leur a laissé un aspect plus schématique.

C'est ainsi qu'on n'a pas cherché à faire passer les limites communes aux courants aériens par les repères correspondant aux graphiques mensuels. On s'est borné à indiquer les caractères généraux probables. En raison de l'incertitude quant aux points absolus où peuvent passer ces limites, les pentes données à certains courants suivant des parallèles risqueraient d'avoir un caractère trop arbitraire. C'est pourquoi on a fait ces limites horizontales, sauf pour les cas où les probabilités d'une pente marquée sont suffisantes.

D'une manière générale, le dessin de ces coupes n'a pas besoin d'être accompagné de commentaires.

Les éléments les plus notables sont la localisation de l'alizé septentrional maritime, sa liaison avec l'alizé septentrional continental à certaines époques, la localisation de l'alizé méridional, l'extension de la mousson et ses variations d'altitude, le relèvement dans l'Est du plafond du courant équatorial.

Résumé et conclusions

Ce travail constitue une mise au point — étendue à la totalité de l'Afrique de l'Ouest — des renseignements que j'ai publiés, depuis 1908, sur la circulation de l'atmosphère au-dessus de cette contrée.

S'il a paru nécessaire de rappeler des définitions données à plusieurs reprises, c'est parce qu'on ne trouve, le plus souvent, dans les ouvrages didactiques, lorsqu'ils s'occupent de la météorologie africaine, que des idées théoriques aboutissant à des conclusions non confirmées par l'observation. C'est ainsi, par exemple, que la circulation y est couramment traduite d'une façon toute schématique, par le simple recouvrement d'un alizé par l'autre, sans qu'il soit tenu compte ni de la mousson, ni du courant équatorial, ni du contre-alizé.

Une méthode moins élégante, mais plus sûre, consiste à accumuler d'abord des faits. Les conclusions présentées ici sont basées sur vingt années d'observations personnelles, auxquelles sont venues s'ajouter, depuis dix ans, celles des Ingénieurs-Météorologistes et des Météorologistes des colonies.

Aussi, au cas où les interprétations données ne seraient pas reconnues satisfaisantes par la suite, il resterait toujours l'avantage des faits, permettant les vérifications ultérieures et pouvant servir de base à de meilleures conclusions. J'ajoute qu'il a paru bon de conserver dans ce travail les expressions d'alizé, de mousson, etc., quitte à en préciser le sens, plutôt que de prendre des termes modernes dont l'usage paraît délicat ; celui d'air tropical, notamment, qui, transposé en Afrique, peut s'appliquer à des masses d'air très différentes.

Les éléments sur lesquels il paraît avantageux, en terminant, de retenir l'attention du lecteur sont :

1° La réalisation de l'état d'équilibre, résultant, dans la troposphère de l'Afrique de l'Ouest, de la superposition régulière, sur une même verticale, de deux, parfois de trois masses d'air. On sait qu'au contraire, dans la zone tempérée, par exemple, les masses d'air en équilibre stable occupent de très grandes hauteurs verticales et ne se superposent guère qu'à l'occasion de perturbations.

2° L'existence d'une masse d'air plastique, de direction générale E.W., ayant un développement considérable en latitude et en altitude, incluse entre les alizés et les contre-alizés (N. et S.) et possédant des caractères physiques particuliers : le courant équatorial.

3° L'existence de deux alizés, l'un septentrional, l'autre méridional, dont la direction méridienne, aussi bien que les caractères physiques, tranchent, dans tous les cas, avec le courant équatorial et ne justifient aucune assimilation avec ce dernier.

4° L'importance relativement faible de l'alizé septentrional continental, par rapport à l'alizé sep-

tentrional maritime et la fusion, temporaire seulement, de ces deux masses d'air ;

5° La cause productrice de la mousson. Cette cause justifie la différenciation faite dans ce travail entre la mousson et l'alizé méridional.

6° L'existence des deux contre-alizés (N. et S.), qui se présentent bien comme des courants de retour en altitude par l'intermédiaire du courant équatorial, les interprétations données par certains auteurs de courants de retour le long du sol réalisés par des rotations de l'alizé autour d'un axe vertical n'étant pas confirmées par l'observation ;

7° Les indications se rapportant à l'allure dans l'espace des limites communes aux masses d'air contiguës et aux variations générales de ces limites dans le temps ;

8° L'homogénité du bloc africain intertropical au point de vue des masses d'air et la grande indépendance de celles-ci par rapport à celles des pays tempérés.

Cette dernière conclusion fait ressortir la vanité de toute entreprise qui tendrait à centraliser, pour le moment, en Europe, la prévision météorologique des régions tropicales.

Henry Hubert.

NOTES ET INFORMATIONS

Le 15 avril 1938, les **relations radiotélégraphiques** sur petites ondes ont été interrompues sur toute la surface de l'Afrique Occidentale française et au moins jusqu'à Douala. Le phénomène semble avoir eu son maximum d'intensité entre 8 h. 15 et 8 h. 30, mais il s'est étendu à toute la matinée. Son importance a été telle que la communication entre le grand poste de Bamako et la métropole n'a pas été possible. Les perturbations météorologiques locales n'ont pas eu suffisamment d'ampleur pour qu'on puisse y voir la cause de ce phénomène. Ces renseignements sont dus à M. Landre, Ingénieur-météorologiste, chef du service régional du Dahomey.

Le **Secrétaire de l'Organisation météorologique internationale** vient de publier une nouvelle liste des membres.

L'Organisation météorologique internationale comprend 325 membres et le Comité météorologique international 26.

Il y a 18 Commissions : *a*) 14 générales : aérologique (101 membres), de bibliographie (5), climatologique (55), internationale de l'année polaire 1932-1933 (14), radio-atmosphérique (9), pour l'étude des nuages (40), de météorologie agricole (55), de météorologie aéronautique (46), de météorologie maritime (41), de magnétisme terrestre et d'électricité atmosphérique (40), de la projection des cartes météorologiques (20), du réseau mondial et de météorologie polaire (29), de radiation solaire (43), des renseignements synoptiques du temps (80) ;

b) 4 régionales : Afrique (20), Extrême-Orient (14), Amérique du Sud (8), Amérique du Nord et Centrale (4).

Il y a enfin 75 Sous-Commissions.

BIBLIOGRAPHIE

Lacroix (Alfred). — **Sur des météorites trouvées dans le Tanezrouft (Sahara occidental)**. *C. R. Ac. Sc.*, 1936, t. 203, p. 901.

Deux météorites ont été trouvées dans le Tanezrouft central, par 24°10′ lat. N. et 0°5′ long. E. La reconstitution de l'une d'elles montre qu'elle devait avoir 23 cm. de longeur et peser environ 5 kilogrammes. La seconde à 11 centimètres de longueur et pèse 325 grammes. La densité est 3,759. Ces météorites doivent être rangées dans les chondrites pliosidérifères.

***

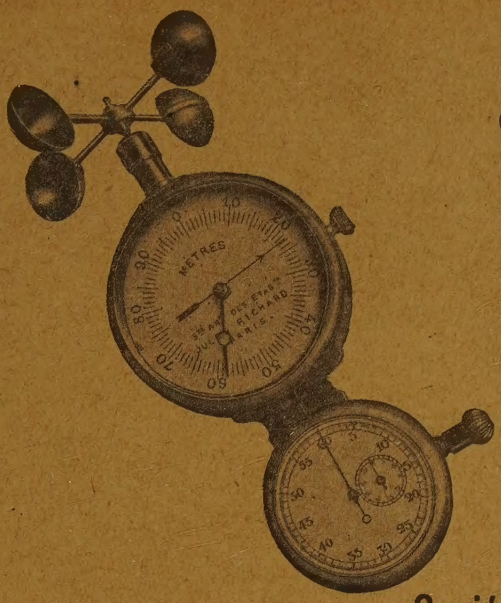
Poisson (Ch.). — **Les anomalies magnétiques à l'Observatoire d'Ambohidempona (Madagascar)**. *Ann. Géol. du service des Mines* [de Madagascar], 1937, fasc. N° VIII, p. 7.

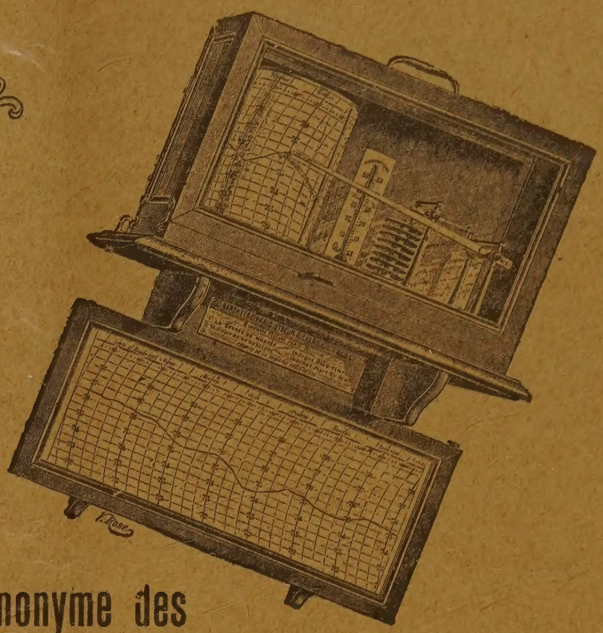
Les observations faites antérieurement à 1934 ont montré l'existence à l'emplacement de l'Observatoire d'une forte anomalie magnétique provenant de certaines roches sous-jacentes.

Postérieurement à 1935, une étude détaillée de la question a été entreprise. 39 stations ont été effectuées sur une surface de 3 hectares, en tenant un compte minutieux de la répartion des roches sur le terrain. Les éléments magnétiques de celles-ci ont de plus été étudiés au laboratoire. De cette manière la relation directe des anomalies avec le magnétisme des roches superficielles a été établi. L'influence de ces dernières est d'ailleurs fort complexe : les propriétés magnétiques d'un granite étant différentes suivant que celui-ci est frais ou altéré et l'argile latéritique, généralement sans effet sur l'aiguille aimantée, pouvant devenir magnétipolaire dans certains cas.

L'Éditeur-Gérant : R. Pinardon.

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze, 121-123, rue Pierre-Loti. — 1938





Société Anonyme des

Etablissements Jules RICHARD

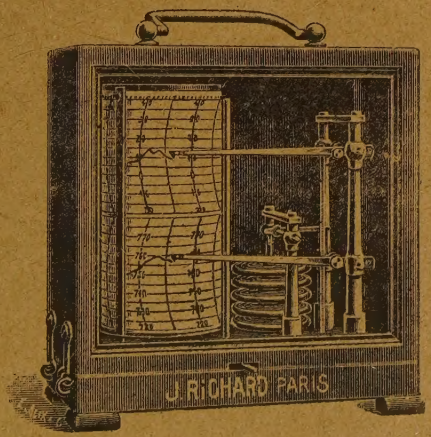
25, Rue Mélingue, PARIS (20e)

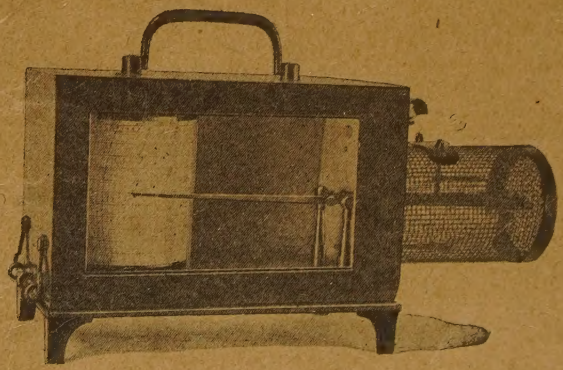
Tél. : Botzaris 88-80 — Tél. : Botzaris 88-80

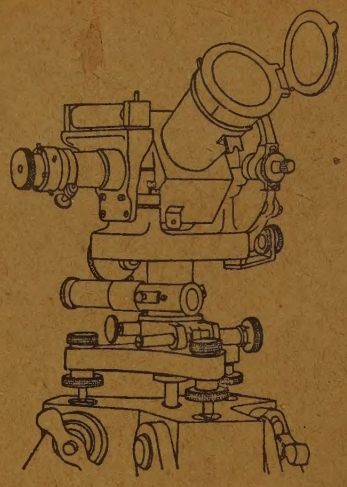
INSTRUMENTS DE PRÉCISION

de Mesure et de Contrôle

pour les Sciences et l'Industrie







A. BERTHELEMY - LORIEUX - PONTHUS et THERRODE

Etabts Albert LEPETIT & Cie

Société en commandite simple. Capital 1.000.000 de francs

Constructeurs

20, Rue Marie Debos, à Montrouge (Seine)

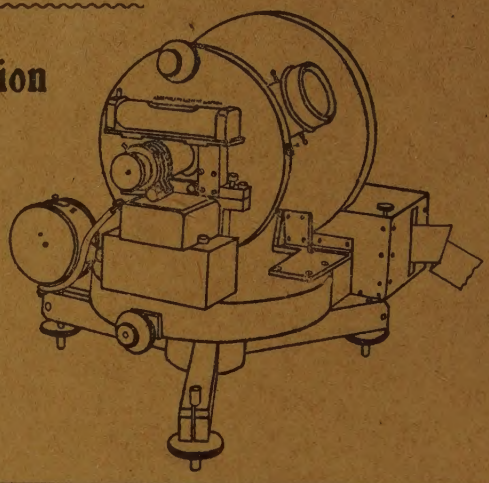
Tél. Alésia 26-37 et 26-38 — Ad. tél. Ponrode Paris 14

Fournisseurs des Ministères des Colonies, de la Marine, du Service Géographique de l'Armée.

Instruments de Précision

pour

— la Topographie, la Marine —
l'Aviation, la Météorologie, etc...



THÉODOLITES SIMPLES ET ENREGISTREURS
POUR LE REPÉRAGE DES BALLONS-SONDES

Catalogues franco sur demande

Rég. Comm. Seine 229-817B

ROSENMULLER
DRESDEN

ANÉMOMÈTRES
POUR TOUTES VITESSES
(à partir de 0,02 m/sec.)

GIROUETTES

TUBES DE PITOT

MICROMANOMÈTRES

LAMBRECHT
GÖTTINGEN

HYGROMÈTRES

PSYCHROMÈTRES

BAROMÈTRES

PLUVIOMÈTRES

EVAPOROMÈTRES

HÉLIOMÈTRES

A. OTT
KEMPTEN

PLANIMÈTRES
INTÉGRAPHES
ANALYSEUR-HARMONIQUE

—

ENREGISTREUR
DE MARÉE ET DE HOULE

—

APPAREILS
POUR L'ÉTUDE
DES COURANTS D'EAU

J. BAROT

Représentant exclusif
pour la France et les Colonies

20, Rue de Varenne, PARIS (7e)

Catalogues franco sur demande

Rochefort-sur-mer. — Imprimerie A. Thoyon-Thèze. — 1938.